

**SISTEMI ECONOMICI E IL RUOLO DELLA
TECNOLOGIA:
UN'ESPLORAZIONE TEORICA SULLA
DINAMICA STRUTTURALE**

Autore:
ANA DUEK

**DISSERTAZIONE PROPOSTA ALLA
FACOLTÀ DI SCIENZE ECONOMICHE
UNIVERSITÀ DELLA SVIZZERA ITALIANA
LUGANO**

PER IL CONSEGUIMENTO DEL PH.D. IN SCIENZE ECONOMICHE

Giuria

Direttore di tesi:

Prof. Giorgio Tonella

Revisore interno:

Prof. Mauro Baranzini

Revisore esterno:

Prof. Heinrich Bortis

Questa ricerca è stata svolta presso la Facoltà di Scienze Economiche dell'Università della Svizzera Italiana, Lugano.

Versione finale: Ottobre 2007.

ABSTRACT

This research examines theoretically the problem of structural change. It is, in particular, an analysis of how economic systems and economic theory deal with structural change. The emphasis of the research is on three central topics: economic theory, systems theory and technological change. The particular focus of Part I is on features of economic structure definition, representation and methods. Part II deals with systems as abstract objects and system theory vis-à-vis with its structural endeavour, therefore concepts were presented to deal with changing systems. But this research also focuses its attention, in Part III, on the dynamic and evolutionary character of the particular technological changes and their interactions with economic systems. Two examples of technological innovation — Computer and the Internet — will be used to examine, in a historical framework, the core of the structural change. Based on economics and system theory, but with a multidisciplinary view, the present research combines the more traditional historic view with complexity science to achieve a more robust view of the economic system and its structural analysis.

RINGRAZIAMENTI

Sono grata ai Professori Giorgio Tonella, Mauro Baranzini e Francisco Louçã per il loro brillante supporto accademico.

La mia gratitudine va in modo particolare al direttore di tesi il Prof. Giorgio Tonella che mi ha guidato accuratamente nella stesura di questo lavoro.

Ringrazio i correlatori di questa tesi il Prof. Mauro Baranzini per la riflessione e rigorosità teorica con cui ha condiviso la direzione della prima parte e il Prof. Francisco Louçã per aver condiviso la sua esperienza di ricerca oltre che per aver guidato la realizzazione della terza parte.

La mia gratitudine anche:

Ai membri della giuria e in particolare al Prof. Heinrich Bortis.

Al Prof. Carlos Domingo per l'ininterrotta discussione critica e al Prof. Luigi Pasinetti per i consigli negli stadi embrionali della ricerca.

Ai Professori Gianluca Colombo ed Erik Larsen per gli utili consigli, gli interessanti suggerimenti bibliografici e il costante incoraggiamento.

Al Prof. Giovanni Ventimiglia per la discussione su materie filosofiche che hanno arricchito questo lavoro.

Ai Professori Alastair Beattie e Simona Cain per le meticolose annotazioni linguistiche, la pazienza e l'incoraggiamento.

Alla Biblioteca universitaria di Lugano e in particolare a Stefano Vizzola.

A tutti coloro che, attraverso il loro sostegno, hanno condiviso la realizzazione del presente studio, in particolare, G. F. & M. Sangermani e Irma Tonella.

Sono anche molto riconoscente a Matteo Tescari, Mattia Maffioletti e Matteo de Franceschi.

Mia sincera gratitudine va rivolta pure a Domenico de Franceschi.

Ed infine, speciale e profonda gratitudine a Jack Duek e S. & V. Duek.

SOMMARIO

ABSTRACT	(p. I)
RINGRAZIAMENTI	(p. II)
SOMMARIO	(p. III)
INTRODUZIONE	(p. 1)
PARTE 1	(p. 11)
<i>Status Quaestionis:</i> LA STRUTTURA ECONOMICA E IL CAMBIAMENTO STRUTTURALE NELLA TEORIA ECONOMICA	
1. Introduzione	(p. 11)
2. La struttura economica e il cambiamento nell'analisi economico strutturale	(p. 15)
2.1. Alcuni concetti di struttura usati nell'analisi economico strutturale	(p. 15)
2.2. Metodi d'analisi della dinamica economica strutturale	(p. 34)
2.3. Metodi d'analisi temporale	(p. 35)
2.3.1. Metodi per l'integrazione delle attività economiche	(p. 44)
3. La dinamica strutturale nella teoria economica: alcuni modelli	(p. 52)
3.1. Lineamenti della dinamica strutturale nella teoria economica	(p. 52)
3.2. I modelli dell'economia classica	(p. 53)
3.3. I modelli multisettoriali	(p. 73)
3.4. Analisi per sub-sistemi e l'integrazione verticale dei processi produttivi	(p. 80)
3.5. Il progresso tecnico nelle teorie dello sviluppo economico e della crescita	(p. 90)
4. Considerazioni conclusive	(p. 98)
PARTE 2	(p. 102)
SULLA TEORIA DEI SISTEMI E SULLA DINAMICA ECONOMICA: LA DINAMICA ECONOMICA STRUTTURALE	
5. Introduzione	(p. 102)
6. Alcuni concetti della teoria di sistemi	(p. 106)
6.1. Sui Sistemi	(p. 106)
6.2. Sui Modelli	(p. 117)
6.3. Sulla Struttura	(p. 127)
7. Teoria di sistemi, verso un cambiamento di paradigma	(p. 133)

8. Sui sistemi economici	(p. 143)
8.1. L'economia: Sistema Complesso	(p. 143)
8.2. I sistemi ed il loro ambiente circostante	(p. 153)
8.3. L'interazione sociale: la relazione tra il tutto e le parti	(p. 168)
8.3.1. Processi di <i>assembling</i> e <i>disassembling</i>	(p. 168)
8.3.2. Processi <i>bottom-up</i> e <i>top-down process</i>	(p. 176)
9. I sistemi economici e il cambiamento strutturale	(p. 194)
10. Considerazioni conclusive	(p. 210)
PARTE 3	(p. 213)
TECHNOLOGICAL CHANGE AND STRUCTURAL ECONOMIC DYNAMICS	
11. Introduction	(p. 213)
12. The economics of technological change: an overview about the importance of sciences and technology for the economy and in economic theory.	(p. 218)
13. Approaches for structural analysis:	(p. 231)
13.1. Evolutionary economics	(p. 232)
13.2. Economic cycles (long-waves)	(p. 244)
14. Structural economic change and the role of technology	(p. 259)
14.1. Technology and economic transformation	(p. 259)
14.2. Evolving innovations: two examples	(p. 264)
14.2.1. Computers	(p. 264)
14.2.1.1. The beginnings of computers: counting and calculators	(p. 264)
14.2.1.2. Computers organizations: stages of evolution	(p. 270)
14.2.1.3. Some approaches and patterns of computers economic impact	(p. 281)
14.2.2. The Internet	(p. 298)
14.2.2.1. Behind the ARPANET: the emergence of the Internet	(p. 298)
14.2.2.2. The Internet dimensions	(p. 313)
14.2.2.3. Some patterns of Internet impact: the New economy, the Network Society, the Information Age.	(p. 332)
15. Final Remarks	(p. 346)
CONCLUSIONI GENERALI E PROSPETTIVE FUTURE PER ULTERIORI RICERCHE	(p. 351)
REFERENZE BIBLIOGRAFICHE ED ELETTRONICHE	(p. 362)
APPENDICI	(p. 380)

ELENCO DEI GRAFICI E DELLE TABELLE

Elenco delle Figure

- Figura 1:** Alcuni argomenti necessari per l'analisi economica strutturale. (p. 7)
- Figura 2:** Modello di flusso circolare uniperiodale. (p. 45)
- Figura 3:** Modello delle interdipendenze orizzontali con effetti distribuiti nella struttura temporale. (p. 46)
- Figura 4:** Modello di analisi trasversale dei processi integrati verticalmente usato da Hicks (1973). (p. 47)
- Figura 5:** Modello di integrazione verticale di sub-sistemi usato da Pasinetti (1981 e 1993). (p. 48)
- Figura 6:** Diagramma causale del modello semplificato di Smith, nel diagramma le frecce rappresentano le relazioni funzionali in ogni unità di tempo. (p. 57)
- Figura 7:** Diagramma causale del modello semplificato di Ricardo, nel diagramma frecce rappresentano le relazioni funzionali in ogni unità di tempo. (p. 60)
- Figura 8:** Schema grafico delle nozioni del flusso circolare dell'economia di Quesnay. (p. 67)
- Figura 9:** 'piramide sociale' di Marx (p. 68)
- Figura 10:** Effetto del progresso tecnologico sulla produttività secondo il modello smithiano e il modello marxista dell'economia. (p. 71)
- Figura 11:** Rappresentazione del percorso temporale del flusso degli *input* e degli *output* in un processo produttivo. (p. 84)
- Figura 12:** Relazione tra alcuni dei fattori che intervengono nella definizione della dinamica economica nel modello schumpeteriano. (p. 95)
- Figura 13:** Circuito relazionale. (p. 108)
- Figura 14:** Elementi basilari e le relazioni del processo di modellazione e simulazione. (p. 120)
- Figura 15:** Corrispondenza tra sistema e modello. (p. 127)
- Figura 16:** Circuiti positivi e negativi di primo e secondo ordine: alcuni scenari. (p. 159)
- Figura 17:** Schema semplice di controllo (*feedback*). (p. 161)
- Figura 18:** Sistemi di singoli livelli (*single level systems*). (p. 163)
- Figura 19:** Sistemi multi-livello (*multi-level systems*). (p. 163)
- Figura 20:** Organizzazione attiva o a forma di anello. (p. 166)
- Figura 21:** Modello matematico della struttura. (p. 199)
- Figura 22:** Tecniche per l'analisi sistemica. (p. 201)
- Figura 23:** Propagazione del cambiamento. (p. 205)
- Figura 24:** Il tutto e le parti. (p. 207)
- Figura 25:** Adaptive Cycles. (p. 257)
- Figura 26:** Moore's Law. (p. 267)
- Figura 27:** Computer industry evolution and competition. (p. 280)

Figura 28: A technological discontinuity including its ‘minor’ discontinuities.	(p. 284)
Figura 29: Sources of competitive advantage.	(p. 285)
Figura 30: Major waves in computing.	(p. 294)
Figura 31: Map of ARPANET in 1971.	(p. 300)
Figura 32: Map of ARPANET in 1980.	(p. 301)
Figura 33: Geographic map of USENET sites and routes in 1986.	(p. 303)
Figura 34: Map of ARPANET in 1989.	(p. 305)
Figura 35: Internet history timeline.	(p. 308)
Figura 36: How the Internet influences industry structure.	(p. 324)

Elenco delle Tabelle

Tabella 1: Tipi di struttura Sociale di Durkheim	(p. 24)
Tabella 2: Tavola input-output prezzi per quantità	(p. 78)
Tabella 3: Categorie fondamentali dei modelli	(p. 123)
Tabella 4: Formato per una descrizione informale di un modello	(p. 126)
Tabella 5: The information Age: Personal Computers per 1,000 people	(p. 268)
Tabella 6: Basis of Error Types with examples	(p. 295)
Tabella 7: The <i>e</i> -commerce framework	(p. 320)
Tabella 8: The information Age: Internet per 1’000 people	(p. 321)

INTRODUZIONE

La contemporaneità sociale ed economica costituisce un chiaro esempio di complessità. Non risulta infatti difficile immaginare la molteplicità d'aspetti che concorrono nei problemi economici, né tanto meno che i fenomeni economici avvengono a livelli diversi. In economia esistono differenti e consolidati modelli microeconomici e macroeconomici, da un punto di vista economico e finanziario, a livello familiare e aziendale, nell'ambito privato e pubblico, tanto per le piccole aziende quanto per le grandi multinazionali, sia a livello di amministrazione pubblica locale che nazionale o sopranazionale e procedendo in tal modo con le combinazioni tra le diverse dimensioni. Risulta inoltre evidente che gli effetti economici previsti per i macrosistemi hanno notevole influenza su quelli di tipo micro, e viceversa. Esistono numerosi esempi come le conseguenze a livello microeconomico degli effetti indotti dalle politiche pubbliche o monetarie stabilite a livello macroeconomico (nazionale o sopranazionale), oppure i tanto citati esempi riguardanti le crisi finanziarie avvenute in un determinato mercato e il successivo impatto che queste hanno avuto su altri mercati, a livello mondiale. In questo ambito il cambiamento tecnologico rappresenta un altro esempio, poiché produce degli effetti che provocano trasformazioni sia a livello micro che macroeconomico, nel senso che provoca delle conseguenze sulle imprese, sui settori e sul progresso dell'economia in generale (crescita economica, aumenti della produttività dei fattori, ecc.).

La complessità che caratterizza i suddetti fenomeni ha dunque richiesto che il loro studio venga intrapreso in maniera congiunta da diverse discipline. In particolare, la multidimensionalità dei problemi è considerata in modo interdisciplinare, mettendo in discussione la tradizione scientifica (cartesiana, newtoniana e galileiana), dando adito di conseguenza al dibattito epistemologico e proponendo metodi per descrivere e analizzare il principio dell'emergenza associata alla dinamica di determinati fenomeni.

Nel tentativo di riprodurre la complessa realtà economica, sia l'evoluzione che i cambiamenti nella struttura dei sistemi diventano argomenti di massima importanza. Le teorie spiegano il comportamento e la tassonomia dei sistemi mentre con i modelli si descrive il comportamento degli stessi (o viceversa). Tuttavia, ciò che sul sistema si enuncia ha una validità limitata, poiché questo è dinamico, si evolve nel tempo emergendo quindi nuovi comportamenti, problemi o sfide. Inoltre i cambiamenti — compresi il periodo di stabilità previsto della struttura e la tassonomia considerata — sono essenzialmente imprevedibili. Comprendere e modellare i sistemi economici, con i differenti fattori che intervengono nei vari livelli del loro percorso storico, diventa pertanto un problema che concerne l'economia del cambiamento strutturale.

I sistemi sociali sono di natura complessa, perché tra le tante caratteristiche si distinguono per la presenza di numerosi elementi con interazioni di carattere non lineare e per la comparsa a livello globale di proprietà emergenti prive della possibilità di essere studiate empiricamente o a priori, con — o senza — capacità di auto-organizzazione. Questo genere di sistemi hanno inoltre la proprietà di amplificare un fenomeno puntuale e/o locale, portando il sistema in uno stato qualitativamente nuovo. La complessità che caratterizza questi tipi di sistemi rende difficile il compito di definire e rappresentare in maniera precisa la loro evoluzione attraverso un modello. Sebbene sia evidente questa natura — di tipo complesso — dei sistemi socio-economici, molti dei modelli economici riproducono comportamenti che raggiungono l'equilibrio o lo stato stazionario. In altre parole non è difficile trovare teorie economiche basate su modelli che sono rigorosi rispetto all'omeostasi e che considerano cambiamenti soltanto da un punto di vista quantitativo (nelle quantità assolute e nelle proporzioni), senza considerare delle trasformazioni nella struttura o identità del sistema.

Una teoria economica sulla dinamica strutturale richiede un'unione sinergica d'approcci e un'analisi continuum micro-macro, per questa ragione essa dovrebbe partire dall'esame della teoria economica e dall'analisi dei sistemi dinamici. La revisione della letteratura economica suggerisce un'ampia varietà di concezioni sulla struttura economica e sulle metodologie usate per l'analisi, mentre l'applicazione diretta della teoria dei

sistemi, e in particolare dei sistemi complessi, risulta ineluttabile quando si considerano dei fenomeni economici. I fenomeni in cui la complessità trova espressione sono, infatti, tipicamente quelli economici — e in generale quelli sociali — caratterizzati da una struttura apparentemente definita e stabile, ma che cambia senza la possibilità di reversibilità a quella originale. Attengono quindi alla dinamica economica strutturale le trasformazioni cumulative e irreversibili che subiscono i sistemi socio-economici osservati.

Risulta opportuno evidenziare che l'attività pratica e intellettuale della scienza è direttamente collegata alla creazione di modelli del mondo reale o di oggetti che favoriscono il suo progresso. I modelli sono rappresentazioni di fenomeni o di oggetti reali e hanno lo scopo di riprodurre alcune delle loro caratteristiche (o proprietà), alla luce di una determinata interpretazione della realtà, oppure in previsione di un comportamento futuro del sistema. Si intende pertanto che la rappresentazione della realtà ottenuta dallo studio di un sistema è ciò che viene definito come 'modello'. I modelli sono allo stesso tempo la causa e il risultato di un processo di astrazione, il quale permette che gli aspetti considerati rilevanti per descrivere la realtà possano essere mostrati, studiati e conosciuti, laddove l'oggetto fenomeno od oggetto modellato non sia accessibile. Attraverso il processo di astrazione si 'estrae' dai sistemi reali, in prevalenza complessi, l'insieme dei particolari d'interesse per l'analisi. Per questa ragione i modelli sono artificiali nella loro composizione e arbitrari nella loro delimitazione.

Con i modelli si generano dei dati sul comportamento dei sistemi analizzati. In particolare l'insieme di istruzioni che genera i dati sul comportamento del sistema modellato è ciò che rappresenta la 'struttura del modello'. In tal modo si distingue tra il comportamento del sistema reale e quello ottenuto dalla struttura del modello, poiché quest'ultimo si riferisce ad un insieme specifico di istruzioni, ovvero il modello rappresenta una struttura particolare del sistema e quindi un'ipotesi sulla struttura dello stesso.

Le modifiche che subiscono i sistemi, e pertanto quelle considerate nei modelli, possono essere di due tipi: variazioni e cambiamenti strutturali. Generalmente i modelli economici contemplano soltanto il primo tipo di modifiche, queste si producono quando un sistema subisce alterazioni nei ranghi in cui sono definite le variabili, ossia sono dei cambiamenti di tipo quantitativo che non alterano le funzioni descrittive del sistema. Viceversa il cambiamento strutturale si produce quando un sistema, oltre ai cambiamenti di tipo quantitativo, è soggetto a cambiamenti qualitativi, ovvero quando si producono perdite o aumenti nel numero delle variabili e/o scompaiono, appaiono o si modificano le relazioni tra le variabili stesse. L'effetto di un cambiamento strutturale è una nuova struttura che a sua volta produce nuovi cambiamenti quantitativi e qualitativi.

La mancata considerazione dei processi caratterizzati da ricorrenti cambiamenti di tipo strutturale è stata una delle cause dell'insufficiente corrispondenza dell'analisi economica con la realtà. Per questa ragione l'interesse nei confronti della dinamica strutturale e dei sistemi complessi dell'economia è crescente, in particolare negli ultimi tempi. In effetti lo scopo del presente lavoro scaturisce — in un ambito quasi epistemologico — dal suddetto interesse di riprodurre in maniera più precisa l'evoluzione dell'economia.

In quest'ottica quanto esposto costituisce il punto di partenza per proporre come obiettivo principale della presente ricerca quello di contribuire all'accrescimento dell'assetto teorico dell'economia del cambiamento strutturale. Il raggiungimento del suddetto traguardo si basa su tre obiettivi particolari: (i) sviluppare uno schema teorico dal quale si possano distinguere degli elementi teorici utili, giunti dalla teoria economica e dalla teoria dei sistemi, per conoscere e modellare la dinamica economica; (ii) identificare teorie alternative che permettano nuove interpretazioni relative alla questione del cambiamento economico; e (iii) proporre un esempio caratteristico, quale il cambiamento tecnologico, che permetta sia di integrare queste varie nozioni che di comprendere il processo di cambiamento strutturale nella dinamica economica.

In accordo con quanto esposto, il presente lavoro è concepito come un'indagine teorica in cui si identificano e analizzano argomenti essenziali per descrivere un sistema economico compatibile con la sua dinamica strutturale. Esso si concentra su tre argomenti centrali: la teoria economica, la teoria dei sistemi e il cambiamento tecnologico. Le citate tematiche possono essere considerate come tre elementi di uno stesso pilastro, con alla base la teoria dei sistemi sulla quale si poggia la teoria economica e quindi i processi che configurano l'andamento economico. In quest'ultimo aspetto si distinguono processi quali il cambiamento istituzionale e politico, il cambiamento organizzativo a qualsiasi livello sociale, il cambiamento delle condizioni naturali e demografiche e i cambiamenti tecnologici. Il cambiamento tecnologico, in particolare, è stato uno degli aspetti fondamentali che hanno caratterizzato l'evoluzione economica nel corso della storia e perciò risulta essenziale nella discussione sulla dinamica economica strutturale. Nel presente lavoro infatti si considerano solamente i processi relazionati al cambiamento tecnologico come condizionanti dell'andamento economico. La presentazione analitica della ricerca in oggetto si può dunque sintetizzare attraverso lo schema della Figura 1.

La sequenza con cui si presentano le parti (e i capitoli) che la compongono non rispetta l'ordine che segue lo schema argomentale (vedasi figura 1). Si inizia bensì con la definizione di alcune concezioni di struttura — sia sociale che economica — e con l'analisi di alcuni modelli economici dalla prospettiva del cambiamento strutturale.¹ Questa prima parte costituisce lo *Status Quaestionis* e traccia gli aspetti fondamentali dell'analisi economica per lo studio della dinamica strutturale. Dalla nascita dell'economia come scienza, nei primi decenni dell'ottocento ai giorni nostri, con l'eccezione degli anni della rivoluzione marginalista (in cui l'attenzione si concentra sulle questioni microeconomiche d'equilibrio), l'interesse si è focalizzato sull'analisi macroeconomica della crescita, dello sviluppo e della distribuzione. In ambedue i periodi, quello classico e quello Keynesiano — si è registrato un forte interesse verso la struttura economica e la sua dinamica. In altre parole lo studio del cambiamento strutturale è stato

¹ Il volume monografico da presentare è suddiviso per saggi (parti) che possono essere letti in modo autonomo e ognuno costituisce un argomento dello schema.

preminente in entrambi i periodi. Tuttavia né nei modelli realizzati durante l'epoca classica dell'economia, né tantomeno in quelli realizzati nei tempi posteriori agli anni trenta, con poche eccezioni soprattutto negli ultimi due decenni,² il cambiamento strutturale non è stato usato in modo esplicito. L'identificazione degli approcci riguardanti la struttura economica permette di ricostruire l'analisi della dinamica economica in termini della rappresentazione 'orizzontale' e/o 'verticale' dei componenti economici. Le suddette descrizioni consentono a loro volta di definire lo schema analitico usato per rappresentare il sistema produttivo, ovvero le interdipendenze settoriali e l'interdipendenza temporale della struttura. Riassumendo, la prima parte è organizzata in due principali capitoli. In particolare, nel capitolo 2, attraverso la descrizione di concetti e metodi, si presentano la struttura economica e il cambiamento nell'analisi economico strutturale; mentre il capitolo 3, con la descrizione di alcuni modelli, traccia il punto della dinamica strutturale nella teoria economica.

La seconda parte di questo lavoro costituisce un ripasso dei fondamenti della teoria classica dei sistemi come punto di partenza per analizzare la dinamica complessa di quelli economici e tratta, da un punto di vista concettuale e metodologico, diversi argomenti concernenti la teoria dei sistemi. In particolare si cerca di comprendere la dualità e la complessità che caratterizzano sia l'interpretazione epistemologica della teoria dei sistemi che i processi di cambiamento strutturale — quali *assembling/dissambling* e *top-down/bottom-up*. Un esempio di tutto ciò è il legame complesso che esiste tra l'apertura e la chiusura di un sistema, poiché queste non sono in opposizione, per quanto sistemi assolutamente chiusi non esistono, così come neppure di assolutamente aperti. Si rileva dunque la costruzione di modelli sensibili al cambiamento strutturale come una sfida per la teoria della dinamica dei sistemi, bensì la ricerca contemporanea conferma tale impegno ed evidenza infatti che le scienze sociali partecipano attivamente al processo di ricerca nell'ambito della complessità. La teoria sistemica dovrà affrontare ancora diversi cambiamenti di paradigma in modo di interpretare in modo più efficiente la dinamica dei

² Come il modello di Pasinetti (1993) sulla dinamica economica strutturale e sulle conseguenze economiche dell'apprendimento umano.

sistemi complessi e in particolare di quelli sociali. Nonostante ciò, l'approccio della complessità possiede probabilmente come particolarità più importante quella riguardante lo scopo scientifico, il quale è indirizzato alla comprensione e alla spiegazione dei sistemi, piuttosto che alla loro previsione. In modo specifico, in questa seconda parte, nel Capitolo 6 sono presentati le nozioni di sistemi, modelli e struttura mentre nel capitolo 7 si apre la discussione sul richiesto (o no) cambiamento di paradigma che le scienze sociali richiedono, in particolare le scienze economiche, in modo tale da contemplare il cambiamento strutturale nell'analisi. Nel capitolo 8 si affronta invece il discorso sui sistemi economici, ovvero la loro complessità, la loro delimitazione (sistema-ambiente) e le loro interrelazioni. Infine, questa parte si conclude con il Capitolo 9, ovvero con la discussione di cosa si intende per cambiamento strutturale.

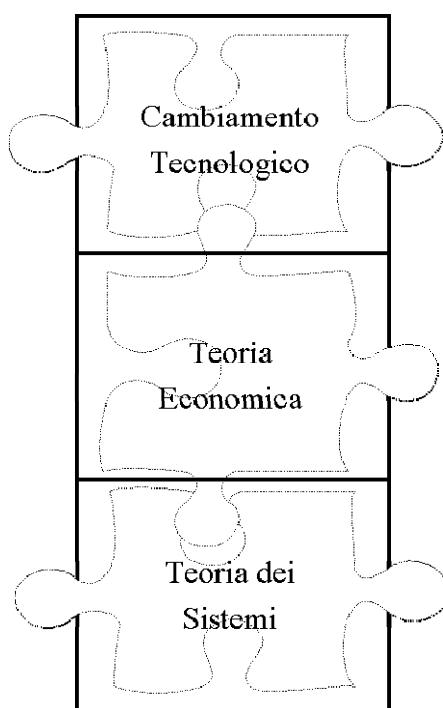


Figura 1: Alcuni argomenti necessari per l'analisi economica strutturale.

Una terza e ultima parte analizza il cambiamento tecnologico come fenomeno complesso che genera cambiamenti nella sfera economica e sociale. Il cambiamento

tecnologico si rivela nelle suddette sfere in diversi aspetti, come evidenziato nei numerosi studi empirici o storici degli effetti delle innovazioni tecnologiche. L'impatto economico del cambiamento tecnologico sembra evolversi in modo ciclico ma non reversibile. In questa terza parte perciò viene esposto l'approccio evolutivo e dei cicli economici, dato che essi permettono di interpretare storicamente il carattere instabile e la co-esistenza di diversi tipi di entità nel loro processo di selezione e trasformazione attraverso il tempo. Tuttavia questo lavoro si limita a fornire un avvicinamento teorico a questi approcci e a descrivere alcuni processi di trasformazione strutturale associati ad invenzioni quali il computer e Internet. In particolare, la terza parte inizia, Capitolo 12, con la contestualizzazione del cambiamento tecnologico, ovvero dell'importanza che hanno assunto la scienza e la tecnologia per l'economia e la teoria economica, per proseguire con il Capitolo 13 dove si descrivono gli approcci per l'analisi strutturale: economia evolutiva e cicli economici. Questa terza parte si chiude con il capitolo 14; in modo specifico, e come evidenziato sopra, attraverso due esempi significativi, il computer e Internet, si mostrano il cambiamento strutturale e quindi le dinamiche economiche.

In tal modo nel presente lavoro si mira ad evidenziare l'importanza della concezione di struttura economica per la comprensione dell'evolversi dei fenomeni economici, poiché la struttura economica è l'insieme fondamentale di elementi e relazioni tra entità che danno luogo alla trama economica. Tuttavia fino ad ora l'indagine esplicita su questo argomento è stata sottovalutata nella teoria economica — tranne per alcune eccezioni — e si rende perciò necessaria una teoria provvista di uno schema concettuale che permetta di distinguere tra due concetti complementari, quali la dinamica economica e il cambiamento strutturale. In particolare un avvicinamento teorico a quest'ultimo, da un punto di vista maggiormente epistemologico, metodologico e storico, si presenta attraverso una *roadmap* composta dai tre argomenti illustrati nella Figura 1. I paragrafi che seguono propongono delle brevi spiegazioni a riguardo di ognuno degli argomenti, in modo tale da delucidare la relazione tra gli argomenti che compongono il menzionato schema argomentale, oltre che per giustificare l'ordine in cui si propongono le parti che costituiscono la presente ricerca.

Nella prima parte si realizza un esame storico-analitico riguardante le concezioni di struttura economica usate nell'analisi sociologica ed economica (a partire dal XVIII secolo), in aggiunta all'esame di alcuni modelli economici dal punto di vista della dinamica economica strutturale. La teoria economica ha collegato principalmente l'analisi della struttura economica ai modelli di scambio — con aspettative razionali — e ai modelli di produzione, distribuzione del reddito e della ricchezza. Nonostante ciò la gran parte degli eventi economici sono risultato e causa allo stesso tempo delle caratteristiche della struttura economica. L'interdipendenza tra le entità economiche, inoltre, può dare luogo a risultati diversi, compatibilmente con la struttura considerata nell'analisi. Tutto ciò fa sì che la struttura economica debba essere considerata in maniera 'ontologica' e in questo compito la teoria dei sistemi diviene utile.

Come accennato in precedenza, è compito della teoria dei sistemi creare modelli come mezzo di rappresentazione della struttura e del comportamento dei fenomeni fisici e naturali che si osservano nel mondo reale. Nell'area della scienza economica l'argomento del cambiamento strutturale è di particolare interesse, poiché all'economia attengono sistemi complessi in cui l'identità delle entità cambia. Sebbene non esista ancora una teoria generale inerente al cambiamento strutturale, gli sviluppi teorici nel campo della teoria dei sistemi, e anche l'unificazione dei principi e dei metodi di analisi scientifica, hanno contribuito ad abbozzare alcuni aspetti fondamentali di una possibile teoria generale. La teoria dei sistemi risulta dunque di grande utilità nel tentativo di comprendere il cambiamento strutturale, soprattutto attraverso l'esame di termini base come, ad esempio, le parti, le proprietà e le relazioni che descrivono la struttura dei sistemi.

L'esame delle condizioni che danno luogo a cambiamenti strutturali è di grande aiuto per comprendere la dinamica economica, per questo motivo e come detto in precedenza, la terza parte si concentra sul ruolo di una di queste condizioni: i cambiamenti tecnologici. In particolare il taglio storico di questa parte permette di distinguere con facilità il fenomeno ricorrente delle innovazioni e il loro effetto sul

sistema economico. Tenendo in considerazione le definizioni della seconda parte, le descrizioni presentate nella terza appaiono evidenti dal punto di vista del cambiamento strutturale. Il cambiamento tecnologico è, infatti, uno dei fenomeni più rappresentativi dell'evoluzione economica e il modo in cui esso avviene serve in particolar modo all'intendimento dei processi di trasformazione strutturale. Gli effetti di un cambiamento tecnologico si presentano sotto diverse forme nell'economia e nelle diverse fasi del tempo — a corto, medio e lungo termine —, in particolare impattando sulle sfere politiche e istituzionali, l'infrastruttura industriale, la produttività del lavoro e, in generale, su tutta l'organizzazione della sfera sociale e produttiva, propiziando conseguentemente nuovi sistemi e pertanto nuove strutture economiche. Tutto ciò risulta chiaro se si osserva il percorso storico dell'economia dalla rivoluzione industriale a quella attualmente conosciuta come rivoluzione dell'informazione e della comunicazione (ICT). L'emergere di queste ultime tecnologie, attraverso due esempi precisi, i computer e Internet, consente di descrivere alcuni fenomeni di cambiamento strutturale. In definitiva, senza proporre un modello generale del fenomeno innovativo, si considera il cambiamento tecnologico come fonte di mutamento economico, attraverso due esempi. Un approccio sistemico, unitamente alla descrizione e al ragionamento storico, permettono, alla luce di un cambiamento tecnologico, di esaminare l'evoluzione del sistema economico e proporre un'analisi interpretativa più realistica della dinamica economica.

PARTE 1

Status Quaestionis:

LA STRUTTURA ECONOMICA E LA DINAMICA STRUTTURALE NELLA TEORIA ECONOMICA

1. INTRODUZIONE

Una sintesi dello sviluppo teorico del cambiamento strutturale può iniziare con lo studio del pensiero filosofico dell'antica Grecia all'interno del quale, per la prima volta nella cultura occidentale, si trovano riflessioni sul movimento delle cose. Risulta chiaro però che lo studio del cambiamento strutturale nell'economia dovrebbe iniziare dall'analisi delle opere realizzate quando essa diventa una scienza moderna, ovvero indipendente dalla filosofia e dalla politica. In altri termini questo studio potrebbe partire dall'analisi dell'economia classica, in particolare dalle teorie di Adam Smith e David Ricardo, e addirittura dal lavoro di François Quesnay – sebbene il lavoro di quest'ultimo si collochi nel periodo anteriore a quello classico, ovvero nella fisiocrazia. La teoria classica considera anche l'analisi sulla struttura economica sociale e la dinamica di Karl Marx, poiché questi lavori sono contemporanei ai lavori classici e insieme ad essi confutati nell'analisi economica posteriore.

Infatti, i lavori teorici apparsi durante il secolo XX, concernenti l'analisi del cambiamento strutturale, contengono diverse impostazioni teoriche che riguardano l'appartenenza alle scuole classiche di pensiero economico. Invece, nel secolo precedente, durante la rivoluzione marginalista, considerata una reazione alla teoria di Marx, e più in generale al pensiero dei classici, l'interesse in materia di cambiamento strutturale è stato scarso. Oltre ai lavori di Walras con l'estensione della teoria dell'equilibrio generale, il cambiamento strutturale non ha destato molto interesse

nella ricerca economica di quel periodo. Opere posteriori, come ad esempio quelle elaborate da Joseph Schumpeter, François Perroux, John Von Neumann, Wassily Leontief, Maurice Allais, Gerard Debreu, Richard Goodwin, John M. Keynes, Piero Sraffa, John Hicks, Adolph Löwe e più recentemente Luigi Pasinetti¹, sono state altresì contributi importanti per lo sviluppo di una teoria sul cambiamento strutturale. I lavori di questi autori possono essere classificati in base allo schema analitico utilizzato per rappresentare il sistema produttivo, in modo di farli rientrare negli schemi che danno risalto all'interdipendenza settoriale o all'interdipendenza temporale della struttura. È tuttavia importante sottolineare che, nonostante il contributo dei modelli citati per la formulazione di una teoria sull'economia del cambiamento strutturale, questi ultimi non costituiscono un'autentica rappresentazione della dinamica strutturale. A tal proposito bisogna difatti sottolineare che i modelli economici tradizionali enfatizzano la dinamica del sistema, lasciando però invariata la sua struttura - tranne il modello di Pasinetti (1981 e 1993) – con lo scopo di ottimizzarne il comportamento del sistema. Questo non esclude che i lavori fin qui citati siano rilevanti per l'analisi economica strutturale, poiché per certi versi la rappresentazione dell'interazione tra le variabili economiche considerate in questi modelli permette d'intravedere una rappresentazione del cambiamento strutturale.

Le diverse variazioni sul tema della struttura economica e la loro dinamica nel tempo, consentono di presentare in questa prima parte una rappresentazione storica e tematica delle principali teorie. Lo studio del pensiero economico classico e quello del pensiero ad esso successivo, è stato largamente approfondito. Ration per cui, di tali teorie verranno presentate soltanto le nozioni fondamentali, relative al tema della dinamica strutturale. A questo scopo la presente prima parte espone nell'ultimo capitolo (capitolo 3) alcuni modelli che esemplificano la rappresentazione strutturale del sistema economico e che inoltre applicano le metodologie presentate nella seconda sezione del capitolo 2. In particolare nel secondo capitolo vengono presentate alcune definizioni di struttura, sia sociale che economica, partendo da quelle corrispondenti al secolo XVII nel ambito della sociologia fino ad alcune più moderne del ventesimo

¹ L'indagine sull'economia del cambiamento strutturale di Luigi Pasinetti poggia le sue origini negli anni '60. Il suo lavoro più recente (1993), qui considerato, fa riferimento anche alle sue precedenti opere.

secolo, come per esempio le definizioni di Montesquieu, Comte e gli organicisti, Weber, Parsons, gli strutturalisti, ecc. Nel ambito dell'economia tuttavia si considerano definizioni a partire del XIX, ovvero dalla definizione marxista di struttura. Altresì nel capitolo 2 sono illustrati i metodi usati per l'analisi economico-strutturale dal punto di vista della sua rappresentazione intersettoriale e da quello dinamico. In questo secondo capitolo altresì si imposta l'analisi economica strutturale classificando i lavori (i) secondo il 'concetto di struttura' sul quale si basa l'analisi, oppure (ii) secondo il 'metodo analitico' usato per rappresentare le relazioni e la dinamica del sistema economico.

I concetti di struttura usati nell'analisi economica si riferiscono ad un insieme di relazioni che si distinguono per il loro carattere quantitativo o qualitativo. La prima concezione di struttura si riferisce alle relazioni tra grandezze economiche quantitative descriventi l'attività economica. Questa come si evidenzia nelle opere di economisti quali Quesnay e Leontief. Nella seconda definizione, ovvero quella qualitativa, si concepisce la struttura come una rete di rapporti interpersonali, sui quali si fonda la 'trama' economica della società. Questa nozione si ritrova in economisti come Smith, Marshall e Keynes (Baranzini & Scazzieri 1990, p. 1).

Un terzo concetto di struttura economica è stabilito da Marx, il quale prende in considerazione entrambi i tipi di relazione, quantitativa e qualitativa. La struttura, in termini marxisti, è definita come l'insieme di relazioni sociali che entrano in contraddizione con la sovrastruttura, essendo quest'ultima quella che contiene gli aspetti qualitativi.²

Esulando dai limiti circoscritti dall'economia si possono trovare altre definizioni di struttura, come quelle nel campo della filosofia e della sociologia; in particolare in Montesquieu, Claude Heri Saint-Simon, Augusto Comte, Alexis di Tocqueville, Herbert Spencer, Emile Durkheim, Max Weber, Talcott Parsons e Michel Foucault,

² Il rapporto tra la base economica — struttura — ed il mondo ideale — sovrastruttura — è stato concepito e delineato nella 'ideologia tedesca' e successivamente analizzato da Marx nel suo 'Contributo alla critica dell'economia politica' (1859). Quest'opera fonda le basi della metodologia marxista del 'materialismo storico', definito da Marx stesso come 'il filo conduttore' dei suoi studi (Gruppi 1969, p. 743). Marx in questa opera sviluppa la tesi sulla evoluzione sociale per conflitto, attribuendo al conflitto tra le forze produttive e i rapporti di produzione il ruolo di forza motrice della rivoluzione sociale.

oltre alle definizioni sorte dalla corrente strutturalista che poggia le sue origini nella linguistica di Ferdinand de Saussure e nell'antropologia sociale con Claude Lévi-Strauss.

Tra i metodi usati nell'analisi economica della dinamica strutturale si distinguono: i metodi per l'analisi temporale e quelli atti ad interrelazionare gli elementi del sistema economico. Da una parte il metodo analitico temporale verrà determinato dal modo in cui si concepisce l'evoluzione temporale della struttura. Dall'altra parte il metodo d'interrelazione degli elementi all'interno della struttura sarà determinato da come vengono definite le relazioni reciproche tra le variabili del sistema produttivo (o economico) in un arco temporale, il che dipende anche dal metodo utilizzato nell'analisi dinamica.

Alternativamente, la presentazione dell'avanzamento teorico riguardante il cambiamento strutturale potrebbe essere organizzata cronologicamente, ovvero nell'ordine d'apparizione cronologica delle elaborazioni teoriche e delle metodologie usate per l'analisi economica, iniziando pertanto coll'illustrare il periodo classico dell'economia. Oltre a ciò si potrebbe includere un ripasso delle concezioni moderne della dinamica dei sistemi, delle teorie e delle tecniche per l'analisi di sistemi complessi, in particolare nella loro applicazione allo studio di sistemi sociali e economici. Nelle sezioni successive di questa prima parte vengono rinfrescate e ricordate alcune delle concezioni e metodologie usate nella teoria economica e sociologica, lasciando alla Seconda Parte l'approfondimento della teoria dei sistemi, e accennando alcuni procedimenti moderni per lo studio dei sistemi complessi nell'ambito socio-economico.

2. LA STRUTTURA ECONOMICA E IL CAMBIAMENTO STRUTTURALE NELLA TEORIA ECONOMICA

2.1. Alcuni concetti di struttura usati nell'analisi economico strutturale

Baranzini e Scazzieri (1990, p. 1), nell'introduzione al loro volume *The Economic theory of Structure and Change*, distinguono due concetti di struttura usati nella teoria economica: uno riferito alla struttura come la 'fabbrica' della società e un altro come l'insieme di relazioni tra 'grandezze economiche'. Il primo concetto, la struttura come 'fabbrica' ove si costruiscono le basi della società, si riferisce alle premesse di carattere qualitativo necessarie a fondare società ed economia. Queste premesse (o prerequisiti) sono le relazioni di carattere positivo e normativo vincolate alle società e includono tutte le credenze, doveri e responsabilità presenti nella vita sociale. Pertanto la struttura è un insieme di relazioni, regole, norme e leggi (scritte e non scritte) che descrivono il comportamento e le credenze della sfera sociale, costituendo il risultato della propria evoluzione e specializzazione. Da questo punto di vista la struttura economica fornisce un sistema autosufficiente di leggi che regolano interamente l'attività economica (Baranzini & Scazzieri 1990). La seconda nozione di struttura, riferita al rapporto tra le grandezze economiche aggregate, trova le sue origini nella teoria mercantilista (nel 1758 con *Le Tableau Économique* di Quesnay) e focalizza l'attenzione sui calcoli della contabilità nazionale. In questa concezione l'interesse è rivolto principalmente al prodotto nazionale e alle risorse impiegate, considerando le relazioni tra i settori produttivi solamente dal punto di vista quantitativo. Nella teoria economica contemporanea tale nozione di struttura economica si riconosce chiaramente in Leontief³ e Stone.

³ L'economia è concepita come una combinazione tra attività interdipendenti, ossia tra i vari settori di produzione, di distribuzione, di trasporto, di consumo, ecc., dove ognuna di queste attività coinvolge l'assorbimento di beni e servizi originati nei processi di altre attività dell'economia, coinvolgendo altresì la produzione di beni e servizi che saranno assorbiti per gli altri settori. Questo flusso di beni e servizi tra i diversi settori dell'economia avviene in un periodo di tempo specifico (ad esempio un anno) ed è rappresentato per ogni periodo in una tabella rettangolare degli *input* e degli *output* (Leontief 1949a, p. 211).

È possibile distinguere altri concetti di struttura, sebbene essi non si riferiscano esplicitamente al concetto di struttura economica. Questi ultimi hanno un'estensione più ampia del concetto di struttura economica, in quanto si riferiscono a ciò che è stato chiamato struttura sociale. Le strutture sociali, definite come un insieme materiale e immateriale di relazioni sociali, contengono le relazioni di produzione riferite all'attività economica; ossia includono la struttura economica. In generale lo studio delle strutture sociali è stato materia della sociologia, pur tuttavia rispondendo quest'ultima all'esigenza di rendere conto del mutamento materiale e sociale che, a seguito dell'avvio della rivoluzione industriale e della rivoluzione francese, inizia ad apparire regolare e inarrestabile. Il suddetto studio, pertanto, si occupa altresì di analizzare temi concernenti altre scienze sociali come l'economia. In base a quanto esposto, risulta quindi importante riproporre alcuni dei concetti di struttura sociale.

Nonostante la letteratura del cambiamento strutturale sia sparsa tra numerose aree del sapere (oltre alla sociologia e all'economia si può trovare anche nella politica, nella psicologia, nella filosofia, nella biologia, nella storia, ecc.) e possa venir associata a tanti nomi i cui fondamenti si applicano a sistemi particolari, non definisce però un insieme di regole generali — una metodologia — per definire e modellare sistemi con strutture mutabili. Uno degli esempi più rilevanti è il lavoro di Kuhn (pubblicato per la prima volta nel 1962). Esso costituisce uno studio del cambiamento strutturale nel campo della storia (e/o filosofia) della scienza. Kuhn, nella sua opera *La Struttura delle Rivoluzioni Scientifiche* (*The structure of scientific revolutions*), analizza la comunità scientifica e le sue teorie come un sistema, e descrive le transizioni successive di un paradigma scientifico attraverso rivoluzioni (risultato dello 'stato maturo' che raggiunge ogni scienza in un dato momento della propria evoluzione). Una rivoluzione scientifica è un 'episodio' non cumulativo nel quale i vecchi paradigmi vengono rimpiazzati del tutto, o in parte, da uno nuovo e incompatibile (Kuhn 1995, p. 119). Per Kuhn la struttura del sistema è composta dai paradigmi scientifici che descrivono una realtà oggettiva in un dato momento del tempo, ragion per la quale, quando cambia il paradigma (conseguenza della crisi dei paradigmi), cambia anche la realtà che esso studia, in quanto il sistema paradigmatico

che essa realtà descrive sarà diverso (i suoi elementi e relazioni saranno diverse, quindi la struttura del sistema cambierà).

Come accennato poco anzi, i paragrafi seguenti contengono una revisione cronologica delle principali concezioni della struttura sociale che solitamente è stata intesa come un insieme di individui che si organizzano e relazionano tra loro nei diversi aspetti della vita sociale, almeno laddove la struttura economica risulti una parte integrante della struttura sociale.

Il concetto di struttura sociale, pur tenendo conto che l'uso specifico del termine è riportato a tempi posteriori, era corrente nella filosofia politica dei secoli XVII e XVIII, come ad esempio in Montesquieu e in altri filosofi di quell'epoca. L'opera di Montesquieu (1689-1755) ha un carattere politico e tipicamente rappresentativo della tendenza filosofica del diciassettesimo secolo, dove lo Stato ha il ruolo principale nella società. La struttura sociale è concepita come l'insieme di rapporti tra le parti che formano lo Stato; e in particolare, per Montesquieu, la struttura sociale è fondata sul sistema di governo⁴. Egli è forse il primo a mettere in relazione i regimi politici con le forme sociali di organizzazione, difatti nella sua opera 'Lo Spirito delle Leggi' (*L'esprit de lois*, 1748) egli espone temi come la giurisprudenza civile, il diritto della natura e delle persone, oltre che una filosofia con tre categorie morali: l'etica, la politica e l'economia (Rotta 2002). Siccome le leggi sono relative alla natura del governo, Montesquieu stabilì una tipologia dei diversi tipi di governo – la repubblica, la monarchia e il dispotismo – così come le loro leggi distintive. In ogni forma di governo bisogna distinguere la sua natura e il suo principio: la natura definisce la struttura particolare di ogni governo, ovvero ciò che lo fa essere tale; mentre il suo principio è ciò che la fa agire, le passioni umane come movente (Chevallier 1949, p. 146). I tipi di governo si definiscono come il rapporto funzionale che esiste tra le

⁴ Infatti una delle più note opere del pensiero politico, ed in particolare del pensiero politico del XVII e XVIII secolo, è l'opera di Montesquieu intitolata *L'Esprit des Lois*, in cui analizza il rapporto che le leggi hanno con la natura ed il principio di ciascun governo. Su questa concezione 'sistemica' tra governo (paese o momento) e le leggi, Chevallier (1949) scrisse: "(...) ogni legge ha la sua ragione, perché ogni legge è relativa ad un elemento della realtà fisica, morale o sociale; ogni legge suppone un *rapporto*. Una catena di rapporti, un'organizzazione di rapporti, un sistema di rapporti (positivi), ecco lo *spirito delle leggi*. Lasciamo la parola a Montesquieu: ci dirà che questo spirito consiste nei 'diversi rapporti che le leggi possono avere con cose diverse'. Con cose 'innumerevoli', rapporti 'innumerevoli'." (Chevallier 1949, p. 138)

istituzioni e gli aspetti culturali preponderanti che caratterizzano l'insieme degli individui che abitano in un medesimo spazio geografico.

Montesquieu distingue tre tipi di governo: la repubblica, la monarchia e il dispotismo; ognuno di essi è definito in base a due concetti che l'autore dello *Spirito delle leggi* chiama la natura e il principio del governo. La natura del governo è ciò che lo fa essere quel che è; il principio è il sentimento che deve animare gli uomini che vivono in un dato tipo di governo, perché questo funzioni in modo armonico. [...] Secondo Montesquieu esistono tre sentimenti politici fondamentali, ognuno dei quali assicura la stabilità di un tipo di governo. La repubblica dipende dalla virtù, la monarchia dall'onore e il dispotismo dal timore. (Aron 1989, p. 39-40)

Gli aspetti culturali (come, ad esempio, le credenze e i costumi) che contraddistinguono i soggetti condotti da un tipo di governo, 'lo spirito generale di una nazione' nella terminologia di Montesquieu, congiuntamente con la teoria dei governi, è ciò che ha permesso a Montesquieu di attribuire una notevole importanza all'analisi sociologica e politica.

Nel secolo successivo, Tocqueville (1805-1859), così come Montesquieu, stabilisce un collegamento tra la struttura politica e gli aspetti culturali della società.⁵ Nella sua opera principale *La Democrazia in America* (la prima parte fu pubblicata nel 1835 e la seconda nel 1840) egli studia l'insieme delle parti e delle relazioni che definiscono la società all'interno di un regime democratico. Anche per Tocqueville l'organizzazione sociale e dello Stato è ciò che racchiude le caratteristiche della struttura sociale. In tal modo, per questo filosofo politico, le forme di governo sono sottomesse all'influenza fondamentale e predominante dei costumi e delle credenze degli elementi (individui) che compongono una nazione (democratica).⁶

Nonostante nella teoria di Comte (1798-1857) si trovino dei contributi importanti alla filosofia e alla scienza dei tempi successivi, poiché le teorie di Comte gettano le basi del Positivismo, bisognerà attendere fino a Marx (1818-1883) affinché

⁵ Il problema di Tocqueville può dunque riassumersi in questi termini: a quali condizioni una società nella quale la sorte degli individui tende a uniformarsi, può non precipitare nel dispotismo? O ancora: come rendere compatibile l'uguaglianza e la libertà? Ma Tocqueville appartiene tanto al pensiero sociologico quanto alla filosofia classica, dalla quale proviene attraverso Montesquieu; e pertanto per capire le istituzioni politiche egli risale alle condizioni della società. (Aron 1989, pp. 217-218)

⁶ L'analisi di Tocqueville si concentra sul tipo di governo democratico, Montesquieu invece analizza le tre tipologie di governo: la repubblica (in cui si distingue la democrazia e l'aristocrazia), la monarchia ed il dispotismo. La struttura sociale di una società democratica è basata sull'uguaglianza (la società aristocratica è basata sulla gerarchia) ed i governi concepiscono l'uguaglianza come l'apparenza di istituzioni libere. La legge regola e incanala lo Stato della società ugualitaria in tutti gli aspetti della vita individuale e sociale degli individui.

si stabilisca in modo esplicito un concetto di struttura sociale. Marx (1818-1883) è il primo a offrire un concetto di struttura utilizzandone espressamente il termine, ampliando inoltre il suo campo, ovvero al di là della politica e della cultura, con l'introduzione della sfera economica e dei progressi materiali.⁷ La definizione marxista di struttura sociale è strettamente collegata a quella di struttura economica, poiché Marx evidenzia il ruolo fondamentale dei rapporti sociali di produzione. Egli enfatizza il ruolo fondamentale dell'attività produttiva, quindi delle condizioni economiche e tecnologiche, giacché le condizioni politico-giuridiche e socio-culturali hanno corrispondenza diretta con le condizioni dettate dall'attività produttiva. Per Marx inoltre l'economia deve essere considerata in un contesto storico: l'economia è inscindibile dalla società e dai suoi rapporti sociali, essa può sempre essere collocata in un contesto temporale e spaziale. In questo modo i rapporti sociali dal punto di vista marxista sono innanzitutto determinati dall'esistenza materiale e dai rapporti di produzione, così come dall'influenza di fattori di carattere interno ed esterno. Questi fattori endogeni ed esogeni si riferiscono, rispettivamente, ai rapporti che appartengono alla sfera sociale di produzione e ai rapporti che non appartengono alla sfera produttiva (che influiscono però nella determinazione della struttura). Gli elementi esogeni e il loro rapporto con i processi e con le forze produttive è ciò che per Marx costituisce la 'sovrastuttura'. Alla sovrastuttura appartengono le relazioni di carattere immateriale che formano parte della sfera produttiva, quali ad esempio le relazioni istituzionali, di conoscenza, le idee, ecc. (Calvez 1978, pp. 207, 213).

Le distinzioni appena proposte permettono di specificare il concetto di struttura economica e inoltre di precisare un concetto più ampio, cioè quello di struttura sociale (o formazione economico-sociale). Quest'ultimo concetto amalgama la 'sovrastuttura' (la politica, la filosofia, la conoscenza della società) con i rapporti di produzione stabiliti tra le forze produttive (e determinati dalla base materiale). Nella teoria marxista gli aspetti caratteristici della sovrastuttura e della sfera produttiva si condizionano a vicenda:

⁷ Come è noto, nella prefazione del suo 'contributo alla critica dell'economia politica' (1859), i progressi materiali sono in Marx allo stesso tempo requisiti e risultati della sfera economica.

La 'struttura economica' della società appare costituita da due elementi: le forze produttive, che sono il rapporto immediato dell'uomo con la natura; i rapporti di produzione, che sono i rapporti sociali nel lavoro, corrispondenti a queste forze produttive. L'insieme di questi due termini è chiamato più avanti 'modo di produzione'. È il modo di produzione, a sua volta, l'insieme delle sovrastrutture. (Calvez 1978, pp. 210-1)

Inoltre i concetti marxisti di struttura sociale ed economica corrispondono a un periodo di tempo determinato, ragione per la quale questi concetti hanno intrinsecamente un modello economico-sociale statico e dinamico. Un concetto si dice statico quando rimane invariabile all'interno di un periodo di tempo, dove la struttura è determinata dalla base economica (elementi economici materiali) e dalle relazioni sociali da essa derivate. Quando però i rapporti sociali cambiano, si producono dei cambiamenti nella struttura (caratteristica di un particolare periodo di tempo), dando luogo a un nuovo modo di produzione e, pertanto, a un nuovo concetto di struttura (dinamicità del concetto).

Ad un certo stadio del loro sviluppo le forze produttive materiali della società entrano in conflitto coi rapporti di produzione esistenti o – che è solo un modo giuridico di esprimere la stessa cosa — con i rapporti di proprietà nell'ambito dei quali fino ad allora si erano mosse. Da forme di sviluppo delle forze produttive, questi rapporti si tramutano in loro catene. Si apre allora un'epoca di rivoluzione sociale. Col mutamento della base economica si sconvolge più o meno rapidamente l'intera, gigantesca, sovrastruttura. (Marx 1974, 1a ed. 1867, Vol. 1, p. 1013)

Come menzionato in precedenza, prima della teoria di Marx, quella di Comte (1798-1857) ha avuto un'importanza significativa nella teoria delle scienze sociali, pur non definendo esplicitamente la struttura sociale. Essa è stata il punto di riferimento di filosofi e scienziati sociali successivi, i quali nei loro lavori hanno espresso la nozione di struttura sociale. Il termine 'positivismo' è stato usato per prima volta da Comte per esprimere il realismo e la tendenza costruttiva che deve essere usata nello studio dei fenomeni naturali.⁸ Il positivismo, come sistema filosofico, è basato sull'esperienza con il fine della conoscenza dei fenomeni naturali e ciò costituisce la base sulla quale Comte imposta i suoi studi sociali. Egli considera

⁸ La nuova scienza, la sociologia, si fonda sulla filosofia positiva e con la quale si riconosce la priorità del tutto sull'elemento e della sintesi sull'analisi, ha per oggetto la storia del genere umano. (Aron 1989, p. 89)

la scienza come il mezzo riflessivo per scoprire la realtà, ragione per cui studia la vita sociale con l'attitudine delle scienze naturali. In questo modo per Comte la sociologia è concepita come scienza positiva⁹, e deve basarsi sui metodi dell'osservazione, della sperimentazione e del confronto. In qualsiasi studio empirico, la scienza o il processo storico deve percorrere tre livelli:¹⁰ un livello teologico (o fase soprannaturale che deve essere spiegata attraverso fenomeni di indole fittizia e che possono essere di tipo feticista, monoteista o politeista), un livello metafisico (o fase astratta riferita a tutto ciò che appartiene ad una filosofia astratta che spiega le cause dei fenomeni) e un livello scientifico (o positivo). A quest'ultimo livello si formulano leggi concrete (metodo induttivo basato sulla sperimentazione empirica) e leggi generali e astratte (metodo deduttivo) che permettono di chiarire i fenomeni. Per tale ragione si è attribuita a Comte la formulazione dei principali metodi dello studio sociale: la sperimentazione, l'osservazione e il confronto, oltre al metodo storico (Aron 1989, pp. 89-91).

Nelle categorie di statica e dinamica, argomenti centrali nella sociologia di Comte, si trovano rispettivamente le definizioni di struttura e cambiamento sociale. Lo studio della statica sociale è basato sulla ricerca delle leggi che regolano gli elementi configuranti del sistema sociale. Queste leggi sono dedotte dalla natura umana, poiché non possono essere il risultato di uno studio empirico. La struttura sociale (statica sociale) è definita come la parte fondamentale della società, la quale agisce e reagisce con un tutto, insieme o sistema sociale. Comte analizza le parti e le relazioni tra di esse (cioè il sistema sociale come un tutto), concependo ogni individuo come un'entità imperfetta dominata da sentimenti e motivazioni egoistiche che controllano la forma d'interazione sociale¹¹ Questa teoria presentata da Comte¹² introduce l'idea di confrontare la società con un organismo vivo, idea per la quale è considerato il precursore dell'approccio organicista della struttura sociale. Spencer (1820-1903) segue questo approccio organicista della società e riprende da Comte

⁹ Questa dottrina positivista è stata adottata in seguito da filosofi come John Stuart Mill ed Herbert Spencer.

¹⁰ Esposti nella sua opera *Corso di filosofia positiva* (composto da sei volumi e scritto nel periodo di 1830-1942). Vedasi Aron (1989, pp. 85-91).

¹¹ Vedasi Aron (1989, pp. 112-22).

¹² Le basi della teoria di Comte derivano da Claude Henri Saint-Simon (1760-1825). Comte, congiuntamente a Claude Henri Saint-Simon è il fondatore del positivismo come filosofia della scienza (Calhoun 2002). Le sue idee economiche e sociali influenzarono anche altri pensatori come Karl Marx e John Stuart Mills. Vedasi Ekelund e Hébert (1992, pp. 249-56).

soltanto il termine di 'sociologia'. I principi sociologici di Spencer sono basati su una prospettiva che considera l'applicazione universale delle leggi biologiche: le leggi evoluzioniste si estendono dal mondo inorganico e organico al mondo 'superorganico' che per lui si riferisce alla realtà sociale.¹³

Spencer è uno dei primi ad introdurre i termini di struttura e di funzione sociale. Egli concepisce la struttura sociale attraverso un'analogia fisiologica, come in un sistema biologico. In termini generali Spencer definisce la società come 'realtà superorganica' e sostiene che nello sviluppo della stessa influiscono fattori di tipo interno come il lavoro, il potere, la regolamentazione dell'insieme dai singoli individui, gli effetti che una società ha su un'altra e soprattutto i 'prodotti superorganici' quali il linguaggio, la conoscenza, le credenze, le cerimonie, ecc. e fattori esterni, ovvero gli individui che compongono la società. Quest'ultima non può essere definita come tale fino a che non esista un certo ordine e distribuzione tra le sue parti, come si verifica negli organismi. L'analogia organismo-società di Spencer permette di distinguere tra struttura e funzione, e inoltre di evidenziare la sua teoria generale dell'evoluzione. In questa teoria il processo evolutivo viene descritto come il passaggio da una situazione d'omogeneità indefinita a una situazione d'eterogeneità definita. In particolare Spencer confronta attraverso un'analogia l'alimentazione organica con la produzione economica in una società ('sistema di conservazione') e confronta pure il sistema vascolare con la circolazione e la distribuzione delle merci (Gurvitch 1970). Dall'analogia precedente si può dedurre la definizione di struttura economica nella teoria di Spencer: quella parte della struttura sociale configurata dal sistema produttivo e distributivo sociale che interagisce con il resto dei sistemi.

Il concetto di struttura sociale per Spencer non ha un carattere storico¹⁴ possiede bensì una prospettiva sistemica in cui ogni parte (organo) svolge una funzione nell'insieme integrato. Le istituzioni sociali sono parti del sistema sociale e sono interdipendenti tra loro. Queste istituzioni possono essere di tipo domestico,

¹³ La sociologia di Spencer concepiva diversamente l'evoluzione biologica delle teorie di Lamarck e Darwin, inoltre la sua idea di integrazione per diversificazione è stata proposta prima che Darwin propose la sua idea di evoluzione come passaggio dall'omogeneità alla eterogeneità (Gurvitch 1970).

¹⁴ Anche se la teoria di Spencer ha un carattere evoluzionista, egli - come Marx - concepisce le idee come prodotto del tempo e del luogo. Per Spencer l'analisi sociale è una funzione della struttura sociale di un tempo ed una nazione. Tuttavia, il suo concetto di struttura non ha un carattere storico-sociale nel senso weberiano.

cerimoniale, politico, ecclesiastico, professionale e industriale, e hanno funzioni differenziate che dipendono reciprocamente dall'insieme, formando un organismo che varia la sua complessità nella misura in cui crescono le proprie dimensioni (Gurvitch 1970). Il mutamento delle dimensioni dell'organismo — struttura sociale — costituisce l'evoluzione che secondo Spencer spiega tutti i processi universali del cambiamento stesso. In sintesi, nella teoria organicista della società e in quella della crescita evolutiva di Spencer, il cambiamento di ogni parte della struttura (cambiando anche le funzioni) incrementa la grandezza del sistema rendendolo maggiormente differenziato.

Come Spencer, Emile Durkheim (1858-1917) ha una visione sistemica dell'analisi della struttura sociale, ma utilizza una metodologia empirica con lo scopo di stabilire principi sociologici generali¹⁵ Nella teoria di Durkheim, la considerazione della società come un organismo vivo consente che certi fenomeni sociali eseguano delle funzioni che autorizzano la soddisfazione dei bisogni sociali. In tal modo la solidarietà rappresenta per Durkheim una delle principali caratterizzazioni della società, oltre alla stabilità, all'ordine e all'integrazione sociale. In Durkheim lo studio del meccanismo a partire dal quale la società rimane unita permette di spiegare la ragione per la quale la società stessa costituisce un insieme. Nel suo studio intitolato 'il suicidio' (1897), infatti, egli studia la coesione tra i membri della società, definendo la struttura sociale attraverso la coscienza del collettivo e il cambiamento sociale attraverso la solidarietà. Qualsiasi tipo di conflitto costituisce una forma sociale anomala causata dalla combinazione di aspetti di tipo integrativo e regolamentare (normativo), poiché per Durkheim la struttura sociale, sebbene il termine specifico viene usato raramente nella sua opera, si definisce secondo i valori elevati o bassi che presentano due variabili indipendenti: l'integrazione e la regolazione. L'integrazione si riferisce ai rapporti sociali esistenti fra una persona o gruppo e gli altri, tra i quali esistono compromessi di tipo morale e possiede un rango che varia dall'esclusione fino al completo inserimento sociale. La regolazione, invece, esprime le norme di tipo morale che caratterizzano un individuo appartenente a un gruppo sociale. Secondo Calhoun (2002, p. 133 e p. 451) le combinazioni possibili tra

¹⁵ Spencer distingue tra le specie biologiche come base della sua distinzione dei tipi sociali, influenzando così Durkheim nella sua strutturazione delle tipologie sociali (Gurvitch 1970).

il grado o i valori — alti e bassi — delle due variabili — integrazione e regolazione — danno come risultato quattro diversi tipi di struttura sociale: altruista ed egoista (alto e basso grado di integrazione, rispettivamente), fatalista e *anomic*¹⁶ (alto e basso grado di regolazione, rispettivamente). Questa classificazione tuttavia è stata fatta originariamente da Durkheim nel suo studio sul suicidio, con lo scopo di stabilire il tasso sociale di suicidio come misura dello stato morale di una società (vedasi Tabella 1).

<div> <div>Variabile</div> <div>Rango</div> </div>	Integrazione	Regolazione
Alto	Altruista	Fatalista
Basso	Egoista	<i>Anomic</i>

Tabella 1: Tipi di struttura Sociale di Durkheim (Fonte: elaborazione dell'autore)

La struttura sociale, secondo Durkheim, può essere considerata come un fatto sociale indipendente dagli attori individuali, dato che l'individuo nasce dalla società e non la società dagli individui. La struttura sociale è ciò che determina le norme collettive degli individui e in una società un gruppo di individui si configura tramite la solidarietà; essa è ciò che costituisce la condizione d'esistenza sociale. Secondo Durkheim la solidarietà può aderire a una di queste forme: solidarietà meccanica o organica. La prima si riferisce alla solidarietà che sperimentano gli individui che si rassomigliano tra loro (provano gli stessi sentimenti, accettano gli stessi valori, ecc.); la seconda si riferisce a quella che sperimentano individui diversi tra loro, ma che raggiungono un consenso o accordo, cioè l'unità coerente della collettività che nasce o si esprime con la differenziazione (Aron 1989, pp. 297-8). Inoltre, i livelli ai quali gli individui interagiscono nella struttura sociale sono di tipo demografico, a cui corrisponde la composizione e distribuzione della popolazione nello spazio territoriale, di tipo sociale, a cui corrispondono i rapporti derivati dalla divisione del lavoro e infine culturale, al quale corrispondono i sentimenti e le regole morali

¹⁶ *Anomic*: Stato di instabilità, sociale o individuale, derivata della erosione dei codici morali e sociali o del loro abbandono, oppure di una mancanza di scopo o di ideali (Dizionario Microsoft Word: mac v.x , traduzione dell'autore in italiano).

collettive, quest'ultimo associato al concetto di coscienza collettiva¹⁷ che, come afferma Aron (1989, p. 299), è un punto che figura in primo piano nel pensiero di Durkheim.

Durkheim costituisce il punto di partenza per altri studiosi sociali come Radcliffe-Brown (1881-1955), considerato padre e principale rappresentante del funzionalismo, il quale, come Spencer, ha una visione organicista della società, che fonda le sue origini nell'illustrazione e in particolare nella filosofia politica di Hobbes. Inoltre Radcliffe-Brown riprende anche le dottrine di Montesquieu e Comte. Da Hobbes (1588-1679) recupera l'idea dell'armonia, perché questa rappresenta un fattore cardine per la convivenza sociale. L'armonia (la pace e la sicurezza) deve essere procurata da un ente artificiale, di carattere pragmatico, utilitario e temporale (che possa essere dissolto) che garantisca la convivenza tra gli individui nella società: lo Stato. Quindi, secondo Hobbes, la struttura sociale è lo Stato.

Radcliffe-Brown non si avvale del concetto di solidarietà di Durkheim, bensì dell'unità sociale, dell'armonia e della consistenza quali elementi centrali di una struttura sociale. Egli ritiene altresì che nelle società vi siano dei problemi di disunione o di inconsistenza funzionale, ragion per cui le società cambiano la loro struttura. Radcliffe-Brown, come Durkheim, definisce la vita sociale attraverso un'analogia con la vita organica. In altre parole, le sue nozioni nell'analisi strutturale e funzionale sono riferite all'attività che favorisce l'integrazione della società e alla sua permanenza nel tempo. Usando il metodo di confronto delle scienze naturali nello studio sociale e nella ricerca di leggi e di schemi generali, Radcliffe-Brown confronta le società per descrivere il funzionamento delle strutture sociali e classificare i fenomeni sociali. Ritiene inoltre che i fenomeni sociali si mantengono durante un'unità di tempo nella quale gli elementi si trovano in armonia (Calhoun 2002, p. 398). Le variabili che danno forma alla struttura sociale definiscono l'antropologia sociale, quindi lo scopo dell'antropologia è lo studio delle relazioni sociali. Secondo Radcliffe-Brown la struttura sociale è il modo in cui gli individui si organizzano e

¹⁷ Definita come 'l'insieme delle credenze e dei sentimenti comuni alla media dei membri di una società' (Aron 1989, p. 299).

relazionano tra loro; in altre parole la struttura sociale è concepita come uno schema analitico della rete di relazioni sociali. Egli non include nella propria concezione di struttura sociale aspetti di tipo ambientale, tecnologico o culturale, include bensì le istituzioni, concepite come la norma di condotta necessaria per definire il tipo di relazione sociale e assicurare la coesione della struttura.

Nella stessa epoca di Radcliffe-Brown, ma in un area diversa dall'antropologia sociale, il sociologo Max Weber (1864-1920) sviluppa un modello di struttura della società basato su una personale concezione di sociologia. Per Weber la sociologia è la scienza dell'azione e dell'iterazione sociale, la quale comprende quattro 'tipi ideali' d'azione sociale¹⁸ a) *zweckrational* (intesa come scelta tecnica che usa mezzi razionali con fini razionali), b) *wertrational* (intesa come scelta gestita dal valore etico-morale che usa mezzi razionali con fini non-razionali), c) *affektual* (intesa come la scelta gestita dai sentimenti e dagli impulsi) e d) *traditional* (intesa come la scelta condotta dagli usi e dai costumi).¹⁹ Lo strumento del 'tipo ideale' costituisce il modello (o metodo) usato da Weber per esplorare e confrontare le relazioni e gli eventi storici della vita sociale, inseriti in un sistema complesso internamente coerente. L'analisi di Weber, con i suoi modelli ideali, permette l'individuazione della realtà storica grazie agli aspetti particolari dei tipi d'azione sociale, non permette però di definire la struttura sociale attraverso un concetto complessivo e atemporale.²⁰ Questi tipi d'azione sociale, che dipendono dalle motivazioni del comportamento (atteggiamento) individuale, definiscono, assieme alle condizioni materiali, la struttura sociale. In altre parole sono le idee e le credenze che modellano il tipo di azione sociale in determinate condizioni materiali che costituiscono la struttura sociale. La concezione di struttura economica di Weber si ritrova in maniera intrinseca nel suo concetto di struttura sociale. La base materiale sulla quale si svolge l'azione sociale rappresenta la struttura economica, essendo questa base materiale (in particolare lo sviluppo capitalistico) la premessa che condiziona l'azione sociale e che insieme ad essa definisce la struttura sociale.

¹⁸ “[...] esso è quindi ‘l’idea’ di un’organizzazione moderna della società, fondata sull’economia di scambio che è storicamente data [...]” (Weber 1904, p. 108).

¹⁹ Vedi Weber (1904, pp. 107-22).

²⁰ Proprietà che si distinguono dalle caratteristiche contenute nella concezione marxista di struttura sociale vista precedentemente.

Il pensiero di Weber non si posiziona tra le scienze storiche, fondate sull'oggettività, bensì in quelle naturali che poggiano le proprie basi sul metodo. Le scienze storico-sociali permettono solamente lo studio logico di strutture individuali in quanto si rivolgono alla conoscenza di una realtà individuale. Al contrario l'analisi sociologica deve essere rivolta alla conoscenza di leggi regolari e generali, come avviene nelle leggi naturali. È nel metodo d'analisi storico-individuale e nell'analisi delle dimensioni psicologiche²¹ il punto dove l'analisi weberiana mostra la principale differenza con l'analisi marxista. Quest'ultima è parallelamente strutturale (analisi sistemica) e storica (analisi storico-sociale), mentre quella weberiana è principalmente di carattere sistemico, pur realizzando studi di carattere storico comparativo a partire dai quali ricostruisce il proprio sistema d'azione ideale (un sistema d'azione della 'media'). Da un altro punto di vista la generalizzazione weberiana si distingue dal procedimento delle scienze naturali usate nella sociologia positivista, in quanto quella weberiana richiede l'interpretazione della regolarità delle caratteristiche dei fatti sociali.

Compatibile con l'approccio positivista si trova la corrente del funzionalismo. Talcott Parson (1902-1979) è il rappresentante dell'approccio sociologico dello strutturalismo funzionale (*structural-funzionalism*) e le sue teorie trovano origine in quelle di Comte, Spencer e Durkheim, mentre la teoria di Radcliffe-Brown trova le proprie basi nell'area dell'antropologia strutturale. Il funzionalismo spiega la persistenza delle pratiche sociali (o strutture) basandosi sul fatto che esse soddisfano bisogni in un sistema; perciò il funzionalismo studia i fattori che causano l'integrazione (coesione) necessaria alla sopravvivenza della società. Il funzionalismo presenta una visione 'olistica' della società, interpretando la struttura secondo le funzioni svolte dalla società. Per i funzionalisti l'uso della metafora biologica (il paragone con un organismo vivo) rende possibile scoprire degli stati non-normali (patologici) nel sistema sociale.

²¹ Weber riconosce il carattere del capitalismo moderno nel razionalismo economico: nello 'spirito del capitalismo', analizzato nella sua opera che spiega la tesi sugli inizi del capitalismo, intitolata 'L'etica protestante e lo spirito del capitalismo' dal 1904-1905. In quest'opera Weber mette in relazione il fenomeno del capitalismo moderno con un fenomeno di tipo culturale-religioso e sostiene che lo spirito capitalista sia sorto come conseguenza della forte influenza della Riforma Protestante di Calvino.

Parson utilizza il termine ‘sistema’ piuttosto che ‘struttura’²², definendo il sistema sociale come l’interrelazione e l’interdipendenza tra le parti della società (o elementi d’azione). Il sistema sociale per Parson esiste in uno stato che chiama ‘normale’, dove questo stato di normalità (o d’equilibrio) si mantiene perché le parti del sistema si riorganizzano di fronte a qualsiasi perturbazione per ritrovare l’equilibrio. L’ordine è possibile in quanto i sistemi sociali si integrano grazie a valori comuni. Il collegamento tra gli individui (o elementi del sistema) si stabilisce anche riguardo alla posizione sociale (o status) e all’attività (o ruolo) che essi svolgono.²³ L’azione sociale si riferisce al sistema formato da un attore e da una situazione (sistema d’azione), dove l’attore è l’entità che agisce nella situazione e la situazione è il contesto (mondo esterno) dove l’attore si posiziona e agisce. L’attore ha un fine e si trova in una situazione definita dalle condizioni e dai mezzi di cui dispone, mentre la sua azione è gestita dal suo orientamento normativo. L’insieme di norme che definiscono l’azione sociale rappresenta, secondo Parson, la cultura ed è una condizione necessaria per l’esistenza e l’esercizio dell’azione sociale.

Il concetto di struttura è presentato come l’elemento statico del sistema, come ciò che fornisce un modello durevole del sistema. In altri termini, la struttura sociale è per Parson l’essenza che permette l’integrazione sociale in sistemi d’interazione stabili (Parson 1991, p. 36). Le funzioni, invece, costituiscono gli elementi dinamici del sistema e sono i processi svolti all’interno del sistema. Parson stabilisce, attraverso l’osservazione e lo studio storico di società nazionali, gli aspetti funzionali fondamentali di qualsiasi società. Le funzioni sociali fanno riferimento a quattro sub-sistemi: (i) il sub-sistema di latenza che mantiene gli schemi culturali e di conoscenza tecnica della società; (ii) il sub-sistema di integrazione sociale che regola le interrelazioni tra le parti del sistema (cooperazione); (iii) il sub-sistema della capacità

²² Infatti dedica tutta una sua opera all’analisi del sistema sociale: *The Social System* (1951). In questa concepisce un sistema sociale come una rete di relazioni. Il sistema sociale è un sistema di processi di interazione fra gli attori, mentre la struttura dei rapporti fra gli attori coinvolti nel processo interattivo è ciò che essenzialmente definisce la struttura del sistema sociale (Parsons 1997, p. 25).

²³ Nell’analisi dei sistemi sociali di Parson si distinguono le ‘aspettative di ruolo’ come il meccanismo istituzionale di integrazione tra gli elementi d’azione del sistema. Un sistema d’azione concreto è una struttura composta da elementi d’azione relazionati ed organizzati secondo la situazione. Questo significa che l’integrazione è conseguenza degli elementi motivazionali e culturali che definiscono un determinato ordine sociale. Il punto di riferimento acquisito da ogni individuo (elemento sociale) durante la sua convivenza sociale, ovvero il suo modello di comportamento, ne rappresenta le aspettative di ruolo. Vedasi Parson (1997, pp. 36-45).

che permette di ottenere soluzioni di interesse collettivo e (iv) il sub-sistema d'adattamento che equivale al sistema economico, dato che rappresenta le relazioni economiche organizzate in funzione dei mezzi disponibili. Inoltre Parson include l'analisi della dinamica dei sistemi sociali prendendo in considerazione l'aspetto economico. L'interazione sociale è concepita da Parson attraverso quattro categorie di tipo strutturale (categorie strutturali): ruoli, collettività, norme e valori. Queste permettono di analizzare la dinamica sociale partendo dall'individuazione degli elementi, fino alla considerazione della società nel suo complesso. In particolare il processo di distribuzione materiale nella categoria dei ruoli è chiamato da Parson (1991, pp. 114-5) allocazione; ed è ciò che rappresenta l'aspetto economico del sistema sociale.

La struttura sociale concepita dalla corrente funzionalista, in particolare la concezione di Radcliffe-Brow, si distingue chiaramente dalla struttura sociale di cui parla Lévi-Strauss (1908 -).²⁴ Per i funzionalisti, come visto in precedenza, la struttura è un insieme osservabile di relazioni sociali tra gli individui che le permette di funzionare e ne concede la capacità di raggiungere l'equilibrio, mentre per Lévi-Strauss:

Il principio fondamentale è che il concetto di struttura sociale non si riferisca alla realtà empirica, ma ai modelli costruiti in base ad essa. Risulta quindi chiara la differenza fra due concetti tanto vicini da essere stati spesso confusi, quelli cioè di struttura sociale e di relazioni sociali. Le relazioni sociali sono la materia prima impiegata per la costruzione dei modelli che rendono manifesta la struttura sociale. In nessun caso, quindi, quest'ultima può essere identificata come l'insieme delle relazioni sociali osservabili in una data società. Le ricerche di struttura non rivendicano una sfera propria, tra i fatti di società; costituiscono piuttosto un metodo suscettibile di essere applicato a diversi problemi etnologici e assomigliano a forme d'analisi strutturale in uso in campi differenti. (Lévi-Strauss 1966, pp. 311-3)

Lévi-Strauss sviluppa la sua teoria applicata all'indagine antropologica, la quale deriva dalla corrente dello strutturalismo linguistico (con origini in Ferdinand de Saussure) e che inoltre ha dato un apporto a tutte le discipline storico-sociali. Lévi-Strauss propone il metodo della linguistica strutturale usato da Jakobson (1896-1982)

²⁴ Inoltre, come reazione alla corrente del *structural-funzionalism* – in particolare dell'analisi statica delle sue concezioni – è sorta la corrente del *network analysis* che trova le sue radici nell'antropologia sociale britannica degli anni '50. Quest'analisi si differenzia tra due gruppi: quelli organizzati intorno ad una persona particolare (*egocentric network*) e quelli basati su una struttura ideologica (*quasi group*).

per lo studio della società, in particolare con lo scopo di conoscere la struttura della stessa e delle sue basi. La conoscenza di una società parte dallo studio della mente di ogni individuo, considerati le unità elementari della cultura di una società. Nella concezione di Lévi-Strauss la struttura sociale è un modello astratto generale: essa è il meccanismo 'invisibile' che organizza i fenomeni sociali e culturali. In questo modo, lo strutturalismo di Lévi-Strauss, e la propria concezione di struttura sociale, si ritrova per analogia nella scoperta linguistica di Jakobson:

[...] nella quantità illimitata di suoni che la voce può emettere, ogni lingua seleziona un piccolo numero di essi che formano il sistema e che, per il modo in cui si contrappongono tra di loro, permettono di differenziare i significati. (Lévi-Strauss in Sorman 1989, p. 89, traduzione dell'autore in italiano)

La società (in particolare i rapporti di parentela) è come una lingua (in particolare il sistema fonologico), ossia il risultato di una variazione della struttura stessa. Le strutture sociali sono equivalenti a quelle del linguaggio, poiché il modo in cui si articolano le unità elementari della società determina la struttura generale (Lévi-Strauss 1966, pp. 48-51). L'importanza attribuita da Lévi-Strauss agli elementi della società, in particolare alle strutture del pensiero, è la ragione che sta alla base dell'enfasi che ha posto nell'analisi e interpretazione di racconti, miti e leggende. Per quanto riguarda la lingua, la fonologia in particolare porge un metodo in cui alla base del sistema dei suoni esiste un numero di sistemi di contrasto. Questo stesso tipo di logica presiede anche alla costruzione dei miti. Il mito si struttura come un linguaggio, cioè i significati in una lingua non è direttamente collegata ai suoni ma invece a come essi sono combinati tra loro. Analogamente i miti sono formati di unità costitutive minime, le cui combinazioni avvengono secondo precise regole e danno luogo a unità con dei significati (Lévi-Strauss 1966, pp. 231-59). Questi permettono di individuare nelle società (moderne e primitive) gli aspetti di carattere psicologico comune, le 'strutture invariate' (concetto che riprende dal pensiero di Durkheim), perché per Lévi-Strauss lo schema universale dei sistemi culturali è prodotto delle menzionate strutture invariate della mente umana. I miti non sono privi di regole logiche, ma non sono né espressioni emotive, né scientifiche e neppure rispecchiano delle istituzioni sociali. Lévi-Strauss, infatti, attraverso lo studio dei miti, trova una certa omogeneità tra diverse parti del mondo, dimostrando questa somiglianza con il fatto che i miti

sono manifestazioni dell'attività inconscia della mente umana. In altre parole per lui queste rappresentazioni mentali inconse e generali — modelli strutturali — si manifestano nella realtà in diversi modi, poiché le invarianti universali non sono riconducibili a processi mentali consci (Lévi-Strauss 1966, pp. 228-9). Lévi-Strauss distingue anche altri due tipi di strutture: materiali e concettuali.²⁵ Le strutture materiali sono riferite alle strutture ingannevoli, ovvero a quelle strutture che apparentemente risultano dal rapporto tra gli elementi costitutivi di ogni società. Le seconde, quelle concettuali, sono strutture che risultano dalla costruzione di un modello (e non attraverso metodi empirici) e sono quindi sistemi di relazioni logiche tra elementi che permettono di individuare ciò che sfugge all'osservazione immediata. Oltre a ciò, le strutture universali del pensiero umano hanno per Lévi-Strauss una logica binaria, pertanto una logica formata da categorie opposte: luce-oscurità, vero-falso, uomo-donna, ecc. (Lévi-Strauss 1966, pp. 262-71).

La teoria generale e il metodo d'analisi dello strutturalismo di Lévi-Strauss costituiscono la base di elaborazioni teoriche non appartenenti al campo antropologico. Lo strutturalismo è stato diffuso in campi come quello politico con Louis Althusser (1918-1990), in quello filosofico con Michel Foucault (1926-1984) e in quello psicologico con Jacques Lacan (1901-1981). Althusser propone una rilettura di Marx con il fine di scoprire una sorta di significato e di concetti impliciti nelle basi del pensiero marxista. Partendo dalla critica dell'empirismo di Marx egli rifiuta il contenuto positivo della conoscenza empirica, ossia ritiene che l'essenza non si trovi nell'apparenza, in quanto essa deve essere scoperta attraverso la 'pratica teorica'. Secondo Althusser gli aspetti storici di Marx devono essere considerati come astrazioni concettuali degli oggetti e non come un oggetto reale e concreto.²⁶

Foucault cercò di dimostrare che le idee elementari della natura umana e della società, considerate come permanenti, cambiano nel corso della storia, criticando così

²⁵ Oltre al concetto di struttura basato sulle '*strutture invariate*', strutture profonde, universali, atemporalì e al di là della superficie degli eventi.

²⁶ Althusser intraprende lo studio marxista con un'altra prospettiva, in cui non c'è posto per la dialettica poiché lo strutturalismo nega la storia e afferma che dei passaggi *diacronici* (che per Marx sono dialettici) da un'epoca all'altra l'uomo non può avere alcuna conoscenza. Althusser analizzò la trascendenza delle strutture che conformano la storia ed i suoi effetti o impatti nei gruppi sociali, in tal modo la transizione tra le strutture e sovrastrutture non risulta unicamente ridimensionata attraverso modi di produzione materiale, ma anche da una prospettiva strutturale, o meglio dialettico-metodologica (Dizionario dei filosofi del Novecento, 1985).

la teoria marxista e quella freudiana. Le strutture di Foucault si caratterizzano soprattutto per essere dinamiche, cambiano in funzione di certi parametri (come ad esempio il potere). Le nuove strutture, risultanti dall'influenza dei parametri, si sovrappongono a quelle vecchie (come 'gli strati di una cipolla'), perciò si rende impossibile l'analisi della struttura originaria. Studiando la struttura della conoscenza, Foucault stabilisce relazioni tra il sapere e il potere, spiegando inoltre la sua teoria ('genealogia del potere') in cui le strutture sociali si impongono sull'uomo attraverso la conoscenza, dato che essa genera il potere. Foucault tuttavia non valuta il potere come un fatto conscio nella mente umana, ragion per la quale le strutture — come per Lévi-Strauss — hanno la caratteristica di essere una conseguenza di intenzioni inconscie. D'altra parte il passaggio da un'epoca all'altra produce cambiamenti nella conoscenza che delimitano parametri morali e definiscono ciò che è buono-normale o riprovevole-anormale nella società. Foucault rivoluzionò con questi concetti le convinzioni generali riguardanti i meccanismi dell'applicazione della giustizia (la prigione, la polizia, la sicurezza) e studiò la cura degli atteggiamenti anomali, le malattie mentali, i diritti degli omosessuali e il benessere. È stato Foucault, infatti, a stabilire l'isolamento come procedimento per lo studio psichiatrico, asserendo che tutto ciò che non è normale deve essere analizzato isolatamente al fine di conoscerne le cause e ristabilire i livelli di normalità (Calhoun 2002, p. 171).

Lacan riprende invece la teoria freudiana definendo la struttura come qualcosa di profondo e nascosto da quello che sembra a prima vista. Come Foucault riprende da Lévi-Strauss il punto di vista del ruolo particolare che gioca l'incoscienza nell'analisi strutturale. Come afferma Calhoun (2002, p. 259), per Lacan esiste una struttura superficiale conformata da elementi materiali, ossia quella che costituisce l'uomo, e un'altra più complessa, profonda e incosciente che la regola.

Oltre ai summenzionati autori, esistono numerosi altri pensatori che adottano la metodologia dello strutturalismo nelle diverse aree sociali, come ad esempio Maurice Godelier (1934-), il quale propone lo studio dell'economia antropologica, e Nicos

Poulantzas (1936-1979) nella sociologia politica.²⁷ Di fronte a tale diversità di posizioni — Lévi-Strauss nello strutturalismo antropologico, Althusser nello strutturalismo ‘di sinistra’, Foucault e Lacan nella psicologia e Radcliffe-Brown nella corrente del funzionalismo strutturale²⁸ — generalizzare sulla corrente strutturalista non risulta facile. La differenza tra il funzionalismo e lo strutturalismo, tuttavia, si trova nel modo di relazionare gli elementi che conformano il sistema sociale. Entrambe le correnti hanno una visione ‘olistica’, pur concependo le parti e le loro relazioni in maniera diversa. Il funzionalismo ha una visione totalitaria: la società è ‘un tutto’ (concezione ripresa da Marx) e i suoi elementi si relazionano tra loro in modo di rimettere tale insieme (la società) in equilibrio. Per lo strutturalismo, invece, gli elementi si relazionano tra loro in modo di configurare modelli che sono a loro volta sistemi che collegano elementi. Nello strutturalismo lo studio non si concentra sulle parti, ma nel modo con cui queste si relazionano tra loro, si focalizza quindi sulla struttura. La metodologia strutturalista punta infatti alla conoscenza e analisi del tutto e non dei suoi elementi, in quanto essi da soli non sono significativi; mentre risultano esserlo i rapporti tra gli elementi del sistema che definiscono la struttura. Quello che distingue i periodi storici nelle stesse società non sono le componenti, che sono universali, bensì la struttura. Ad ogni modo questa metodologia strutturalista è ciò che unisce in una sola corrente i diversi autori.

Lo strutturalismo (con Lévi-Strauss quale principale rappresentante) e il marxismo sono le due correnti del pensiero che hanno avuto più rilevanza negli ultimi tempi, ragion per cui si potrebbero evidenziare alcune delle differenze tra di esse. La differenza tra lo strutturalismo e il marxismo consiste principalmente nel problema storico. Per il primo non esistono leggi storiche, il pensiero umano con il quale si modella il mondo è incosciente, perciò non è storico, e l’uomo risulta come una componente passiva del percorso del tempo. Lo strutturalismo contempla uno studio

²⁷ Godelier e Poulantzas, entrambi studiosi marxisti e situati insieme ad Althusser nella corrente neomarxista. Sebbene un approfondimento in materia non sia qui possibile, l’opera di Godelier (1966) intitolata *Razionalità e irrazionalità nell’economia* suscita particolare interesse nella discussione della presente sezione. In questa opera, Godelier propone il problema della razionalità economica da un punto di vista sistemico in cui analizza il piano individuale e quello complessivo dell’evoluzione sociale ed economica, basandosi sulla distinzione tra struttura e sistema. Per Godelier tale distinzione è di tipo gerarchico, ma anche relativo, ovvero una struttura è un tutto in relazione alle sue parti (e relazioni), ma è una parte in relazione al sistema al quale appartiene (Godelier 1967, pp. 241-313).

²⁸ Vedasi Gallino (1997, pp. 6-9) per un ripasso sull’indagine sociologica ed i modelli di società.

sincronico come meccanismo per trovare i fondamenti universali della condotta sociale. Il marxismo invece considera la conoscenza come un prodotto sociale che sorge dall'ambiente immediato e secondo le relazioni sociali, ritiene che la conoscenza ha lo scopo di gestire l'uomo nel suo destino, essendo l'uomo un soggetto storico.²⁹ Nella teoria di Lévi-Strauss non si prende in considerazione la *praxis* sociale perché tutto nella società ha le proprie origini nell'inconscio ed è prodotto della 'proibizione dell'incesto'³⁰; mentre per Marx gli uomini, attraverso le loro relazioni sociali materiali, creano le espressioni reali e astratte della società. Un'altra differenza è quella riferita al linguaggio e alla sua importanza nelle scienze e nella società. Sarà tuttavia sufficiente sottolineare che sono correnti del pensiero con approcci contrastanti che basano in aspetti diametralmente opposti le proprie teorie: la realtà oggettiva nel marxismo e gli aspetti di carattere metafisico nello strutturalismo. La proposta non-storica, l'importanza attribuita al linguaggio e la visione idealista situano lo strutturalismo più sul piano filosofico, il quale è in disaccordo con la corrente marxista che ritiene la società si origini ed evolva secondo le condizioni materiali, e si situa quindi maggiormente nel piano delle scienze.³¹ Nonostante ciò, entrambe le correnti hanno un'origine dialettica, ma certamente con approcci diversi: idealista nello strutturalismo, materialista nel marxismo. La dialettica hegeliana è qui riconosciuta come un metodo di studio che permette di comprendere da un punto di vista ontologico l'articolazione del cambiamento, sebbene un'analisi del genere sorpassa i limiti di questa ricerca.

2.2. Metodi d'analisi della dinamica economica strutturale

La dinamica economica strutturale richiede l'utilizzo di una metodologia: da una parte per l'analisi del cambiamento dei sistemi attraverso il tempo e dall'altra per l'identificazione e la descrizione delle interrelazioni tra gli elementi che compongono il sistema economico. In altre parole lo studio della dinamica economica strutturale

²⁹ Per Marx l'uomo e la storia sono inseparabili.

³⁰ Esaminato nella sua opera *Le strutture elementari della parentela* (1949): la proibizione dell'incesto come maniera positiva di garantire la comunicazione e l'intercambio delle donne tra i gruppi permettendo la trasmissione della cultura.

³¹ Perché la scienza cerca di sistemare la conoscenza oggettivamente verificabile, perché la scienza si fonda sull'osservazione e l'interrelazione dell'esperienza.

richiede l'uso di metodi d'analisi temporale e d'analisi economica delle interdipendenze settoriali (industriali o attività produttiva). L'analisi del cambiamento strutturale esige la specificazione delle variabili e delle relazioni che configurano il sistema economico considerato, così come la precisazione temporale dell'interazione tra queste variabili del sistema. Per tale ragione sono fondamentali i metodi che permettono lo studio dell'evoluzione del sistema attraverso il tempo e altresì i metodi che permettono di identificare, descrivere e analizzare le parti costitutive del sistema economico. Nelle sezioni seguenti si propone una rassegna di questi due tipi di procedure usati nell'analisi economica.

2.2.1. Metodi d'analisi temporale

I metodi per l'analisi dinamica temporale dipendono dal modo in cui si identifica o si definisce la struttura attraverso il tempo. Tuttavia, prima di discutere questi metodi, diventa assolutamente necessario analizzare le differenze tra l'approccio dinamico e l'approccio statico usati nell'economia.³²

Kondratieff (1925) dedica un suo articolo all'analisi dell'approccio statico e quello dinamico dell'economia. La maggior parte delle teorie economiche sono state costruite con un approccio statico dei fenomeni, perfino questo tipo d'analisi è inefficiente e insufficiente a dare una descrizione completa dei fenomeni economici. La scuola marginalista, ai suoi albori, propose la teoria economia come statica, fino a quando il sistema teorico della scuola utilitarista acconsentì la discussione sui processi di cambiamento. I lavori di J. B. Clark (1898) avvertirono le limitazioni dell'analisi statica³³ e più tardi anche il lavoro di Schumpeter (1954)³⁴ indicò in modo esplicito i problemi che l'approccio statico (e la teoria economica dell'epoca) non era in grado di risolvere. Inoltre, l'interesse in due fenomeni economici — la teoria dei cicli

³² Come scrisse Kuznets (1930, p. 426), la teoria economica è stata configurata dai suoi precursori da approcci divergenti, con il primo scontro tra l'economia classica e la scuola storica, seguito dalla discussione tra i sostenitori dei metodi induttivi e quelli dei metodi deduttivi; nell'economia moderna si considerano come correnti contrastanti gli economisti della scuola quantitativa (nella quale sono stati inseriti gli economisti) ed i neoclassici e più recentemente la dicotomia tra l'economia statica e la dinamica.

³³ "A static state is imaginary. All actual societies are dynamic; and those that we have principally to study are highly so. Heroically theoretical is the study that creates, in the imagination, a static society." (Clark, 1998, p. 9).

³⁴ Duval (in Arena e Dangel, 2002, p. 71) riporta il pensiero schumpeteriano sulla necessità di una teoria dinamica dell'economia. Una teoria statica precede quella dinamica, essendo la prima più facile per lavorare ed avendo delle preposizioni logiche più facili da provare. Inoltre permette di conoscere le sue limitazioni analitiche — fino a dove può contribuire — e conferma la necessità di una teoria più generale quale è quella dinamica.

economici e lo studio dei cambiamenti economici nel loro insieme — stimolarono lo sviluppo di una teoria dinamica e più in generale la ridefinizione della teoria economica (Kuznets 1930, p. 426). I fenomeni economici difatti sono in costante cambiamento; esistono dunque soltanto fenomeni dinamici e Kondratieff (1925, p. 576) enfatizzò l'importanza e necessita di stabilire la natura esatta della dinamica economica.³⁵

Kondratieff presenta una concezione alternativa a quella generalmente usata dagli economisti sulla statica e sulla dinamica economica. L'approccio statico tradizionale considera i fenomeni in stato di 'immobilità', mentre l'approccio dinamico tradizionale li considera in condizioni di cambiamento (Kondratieff 1925, p. 578). Per Kondratieff (1925, p. 576) la 'concezione statica' considera i fenomeni economici senza tenere conto delle loro variazioni nel tempo, perché presuppone che gli elementi caratterizzanti i fenomeni siano in uno stato d'equilibrio.³⁶ Questa concezione permette di esaminare, con l'assunzione di certi presupposti, le variazioni e fluttuazioni degli elementi, ma soltanto con uno scopo metodologico per dimostrarne la tendenza all'equilibrio³⁷ e non per comprendere il processo dinamico. La 'concezione dinamica' considera i fenomeni economici in un processo di costante cambiamento — mutano gli elementi e le loro relazioni attraverso il tempo — e ha come scopo quello di trovare qualche comportamento regolare nel corso delle variazioni³⁸ (Kondratieff, 1925, p. 577). Mentre nella teoria statica il principale fondamento è quello dell'invariabilità e dell'identità, ossia la concezione dell'equilibrio statico con condizioni fisse e standard dei suoi elementi, l'economia dinamica è basata sull'assunzione della variazione differenziale dei suoi elementi e interrelazioni, in un processo di continuo cambiamento. La concezione statica e quella dinamica nell'economia si contrappongono, ma allo stesso tempo sono condizioni che

³⁵ I cambiamenti delle condizioni sociali – il livello di cultura e della tecnica - precisati da Kondratieff (1925, p. 575) contribuiscono alla tendenza crescente (e costantemente mutevole) del percorso economico.

³⁶ Kuznets (1930, p. 387), in una sua analisi sui cicli economici, esamina uno degli articoli di Adolph Loewe (1926) in cui quest'ultimo considera che il concetto d'equilibrio implica una definizione statica del sistema economico. Il concetto d'equilibrio sottintende che il sistema economico considerato sia un sistema chiuso interdipendente ed anche un sistema statico. Loewe, come tanti altri economisti, sottolinea la necessità di costruire una teoria economica dinamica — a partire dalla quale i cicli economici possano essere spiegati.

³⁷ Kondratieff (1925, p. 577) usa come esempio di questo approccio la teoria Ricardiana, tuttavia, è possibile trovare tanti altri esempi dell'uso di questo metodo, come è il caso di alcuni modelli neoclassici d'equilibrio generale.

³⁸ Il metodo dinamico può fare uso della concezione dell'equilibrio, e non in maniera statica — equilibrio statico —, ma come uno equilibrio di elementi variabili (Kondratieff, 1925, p. 578).

si completano vicendevolmente; la concezione statica ha un ruolo sussidiario e ausiliare nella considerazione del cambiamento e delle variazioni (Kondratieff 1925, p. 577). Le precedenti definizioni di Kondratieff, sul metodo statico e dinamico per lo studio dei fenomeni economici, verranno riprese nella Sezione 13.2.

Altre definizioni rilevanti sull'economia statica e dinamica che vanno considerate sono quelle proposte da Kuznets (1930).³⁹ L'economia statica studia i rapporti e i processi presupponendo l'uniformità e la persistenza delle quantità – assolute o relative – dei parametri economici. In contrasto con essa, l'economia dinamica studia le relazioni e i processi presupponendo il cambiamento delle quantità – assolute o relative – dei parametri economici (Kuznets 1930, p. 427). Più precisamente Kuznets osserva la funzione svolta e la natura dell'analisi della teoria economica tradizionale, ovvero della teoria statica, ed esamina il contenuto dell'economia dinamica. Da una parte la prima analizza il fenomeno sociale indipendentemente dai fattori che ne costituiscono il fenomeno — come l'analisi dei prezzi, dei salari, degli interessi, del capitale, del benessere, ecc. — ovvero fenomeni sociali che hanno delle caratteristiche particolari e non sono presenti in nessun altro fattore. I fattori che spiegano questi fenomeni sociali sono visti dall'economia statica come conseguenza di altri fenomeni o attività individuali.⁴⁰ Tuttavia, l'uso delle attività individuali come unità del fenomeno sociale ha permesso di capire come i vari fenomeni sociali siano interconnessi attraverso le loro attività individuali, caratteristica questa che risulta essere la più rilevante della teoria economica statica.⁴¹ D'altra parte l'economia dinamica si occupa principalmente dello studio del

³⁹ Le definizioni di Kuznets, sull'economia statica e dinamica trovano delle analogie con le definizioni economiche tradizionali generalmente accettate, ma soprattutto considerano soltanto i fenomeni economici da un punto di vista quantitativo, come conseguenza del carattere empirista dell'analisi di Kuznets. Infatti, al di là della distinzione tra l'economia statica e dinamica, Kuznets (1930, pp. 436 - 441) esamina le implicazioni dei metodi quantitativi e gli insoddisfacenti risultati degli studi empirici sui fenomeni sociali.

⁴⁰ Ad esempio la teoria dell'utilità marginale spiega il fenomeno sociale dei prezzi nei termini della valutazione personale del sacrificio e la soddisfazione, la teoria del valore lavoro spiega invece questo fenomeno sociale in funzione della produttività degli individui (Kuznets 1930, p. 428).

⁴¹ Kuznets inoltre, nel suo esame dell'economia statica, distingue tre schemi che caratterizzano lo sviluppo teorico dell'approccio statico: 1) previsione di politiche interventiste che alterano lo stato di equilibrio, come sono ad esempio il *tableau économique*, oppure la discussione sugli effetti della riforma delle leggi sul sistema economico ricardiano; 2) il problema delle valutazioni etiche nella allocazione e la distribuzione del prodotto sociale tra i diversi gruppi sociali, come ad esempio l'analisi marxista ed il lavoro di J. B. Clark e 3) il problema dei cambiamenti, in cui l'economia statica postula uno schema generale per i processi di cambiamento per poi analizzare le implicazioni sotto un approccio statico, ossia lo studio di un sistema statico subordinato all'effetto di cambiamento di un fattore esogeno, come ad esempio l'analisi ricardiana di lungo periodo che considera il principio malthusiano della crescita della popolazione (Kuznets 1930, pp. 430-431).

cambiamento dei fenomeni sociali che hanno luogo attraverso il tempo, senza spingere l'analisi ai livelli delle singole attività o individui. L'approccio dinamico può inoltre stabilire i cambiamenti nel comportamento delle singole unità che caratterizzano il fenomeno economico nel corso del tempo. In altri termini l'economia dinamica si concentra nello studio dei cambiamenti dei fenomeni sociali e delle relazioni tra i diversi fenomeni. Infine l'economia statica si focalizza sulle attività degli individui quali fattori che determinano il fenomeno sociale, senza considerare se queste attività siano condizionate dalla tecnologia e dalla natura, ossia le condizioni in cui queste attività vengano sviluppate. L'economia dinamica, invece, non considera stabili le condizioni in cui si portano a termine le singole attività, bensì studia il fenomeno sociale condizionato dai cambiamenti della tecnologia e della natura (Kuznets 1930, p. 428-36).

Dopo le precedenti distinzioni tra l'analisi statica e dinamica è necessario tornare al soggetto di questa sezione: le procedure per l'analisi dinamica. Seguendo ciò che precisano Landesmann e Scazzieri (in Baranzini e Scazzieri 1990, pp. 101-8) sulle metodologie usate per l'analisi economica dinamica, si distinguono tre metodi:

1. La descrizione temporalmente differenziata dello stato del sistema economico.
2. La considerazione dinamica, attraverso la differenziazione temporale, della gerarchia dei processi che operano nel sistema economico.
3. La descrizione della dinamica strutturale attraverso l'interrelazione delle forze che influiscono e trasformano costantemente la struttura.

La prima metodologia considera la dinamica strutturale come la sequenza di cambiamenti che il sistema subisce. Lo stato del sistema è determinato dagli elementi che lo compongono in un momento particolare del tempo e dall'andamento del sistema attraverso di esso — cioè l'analisi del percorso temporale — viene definita dalle interrelazioni tra i diversi stati, ognuno corrispondente ad un intervallo di tempo. Questo approccio si basa sull'effetto causale esistente tra gli stati del sistema, giacché considera la dipendenza temporale tra uno stato e il seguente. In questo metodo l'influenza che ha lo stato precedente del sistema, nella sequenza degli intervalli, sullo

stato attuale, si rende possibile attraverso la discretizzazione temporale (generalmente in economia con durata annuale) e attraverso un'analisi periodale.

La seconda metodologia, la definizione gerarchica-temporale dei processi che operano nel sistema, si basa sulla scomposizione del sistema in sub-sistemi relazionati gerarchicamente tra loro, ognuno associato a un particolare intervallo di tempo. Questa metodologia permette un'analisi descrittiva di tipo parziale a breve termine, ossia permette di analizzare l'aggiustamento di un sub-sistema, mentre gli altri sub-sistemi rimangono invariati. Una considerazione a lungo termine permette però di esaminare i diversi passaggi tra i processi (sub-sistemi) gerarchicamente relazionati, consente pertanto l'analisi dinamica della struttura economica nel suo insieme.

La terza metodologia è basata sulla definizione del sistema economico come uno schema di relazioni reciproche tra 'forze motrici' o variabili dinamiche, come ad esempio l'investimento, il consumo e la popolazione. In questo caso la differenziazione temporale è espressa intrinsecamente nello schema di rappresentazione della struttura (attraverso un sistema di equazioni differenziali), poiché ogni forza motrice è associata a un tasso di cambiamento temporale e ogni struttura è descritta da un insieme di relazioni funzionali tra variabili dinamiche.

Questi tre metodi rappresentano rispettivamente l'approccio analitico della dinamica economica di John Hicks (1946), Alfred Marshall (1961) e Roy Harrod (1939, 1948 e 1973). Il metodo di 'causalità' sequenziale usato da Hicks, presuppone l'identificazione della struttura come un insieme di relazioni con dipendenza temporale. Il cambiamento del sistema si rappresenta per ognuno degli elementi attraverso un 'tasso di variazione' che descrive la struttura del sistema. Tuttavia, durante un particolare intervallo di tempo, il sistema economico si mantiene invariato. Questa staticità della struttura in ogni intervallo di tempo, è definita come equilibrio

temporale (*steady time*)⁴² e riflette i diversi stati del sistema come conseguenza di un 'processo cumulativo'.⁴³

Un rapporto esplicito tra la teoria della dinamica economica e la divisione del tempo e dei processi in intervalli diversi ma collegati tra di loro lo si ritrova nello studio del 'processo cumulativo' di Knut Wicksell che può essere considerato come il punto di partenza del tipo di *analisi sequenziale* adottato successivamente da altri economisti della scuola svedese, come Erik Lindahl, Gunnar Myrdal e come pure quella parte dei lavori di Sir John Hicks in cui adotta il concetto di analisi sequenziale.

[...] Il metodo di causalità sequenziale presuppone l'identificazione di un numero specifico di strutture dinamiche ed è questa struttura a produrre la successione tra i differenti stati del sistema economico determinato dal punto di vista causale. L'analisi dinamica della struttura in termini della causazione sequenziale ha bisogno della divisione del tempo in intervalli e suppone che le interdipendenze economiche abbiano luogo nella sequenza degli intervalli (Landesmann e Scazzieri, in Baranzini e Scazzieri, 1990, pp. 102-3, traduzione dell'autore in italiano).

L'approccio marshalliano⁴⁴ riconosce l'importanza fondamentale della considerazione del tempo nell'analisi economica, dato che la complessità implicita nei sistemi economici richiede la separazione del problema in parti. Lo studio di ogni parte in un determinato periodo di tempo permette di ottenere soluzioni parziali, che messe insieme forniscono una soluzione abbastanza completa di tutto il problema. Tutto ciò che non si considera nell'analisi marshalliana (come in generale nell'analisi neoclassica) si ritiene rimanga costante (*caeteris paribus*). Il modo in cui Marshall integra il tempo e il concetto di *caeteris paribus* è noto attraverso una sua distinzione relativa alla durata dei periodi temporali per l'analisi: periodi molto corti (*short-short time*), periodi corti (*short time*) e lunghi periodi (*long time*). I primi si riferiscono ai cambiamenti causati da avvenimenti di durata eccessivamente limitata, i secondi ai cambiamenti di durata moderata e quelli di lungo termine si riferiscono agli effetti di durata estesa nel sub-sistema considerato (Ekelund e Hérbert 1992, p. 401). In tal modo lo schema marshalliano per lo studio della dinamica economica si basa sulla divisione in sub-sistemi relazionati in maniera gerarchica nell'intero sistema, ognuno dei quali raggiunge l'equilibrio (o si rende instabile). Il sistema economico è

⁴² Questo metodo d'analisi economica ed anche l'analisi marshalliana esposta in seguito possono considerarsi come statiche se si esaminano a partire dalla definizione dei metodi statici data da Kondratieff (1925, p. 576).

⁴³ L'analisi delle interdipendenze temporali usata da Hicks la si può ritrovare in diversi dei suoi lavori: *Value and Capital* (1939), *Capital and Growth* (1965) e *Capital and Time* (1973). L'analisi temporale usata da Hicks in quest'ultimo lavoro sarà menzionata nel capitolo seguente, dove si commenterà l'utilizzo di periodi di tempi discreti (*settimane*) nella descrizione dell'evoluzione della struttura. Hicks modella il corso della struttura economica attraverso relazioni settimanali che cambiano come conseguenza della variazione nelle condizioni di produzione quali la tecnologia e la propensione al consumo.

⁴⁴ Per un'analisi storica, teorica e metodologica sul modello di Marshall, vedasi Moss (1984).

caratterizzato, in ogni momento del tempo, dallo stato di equilibrio (o disequilibrio) in cui si trovano i sub-sistemi coesistenti; da ciò deriva il concetto di 'equilibrio parziale'. Quest'ultimo indica la possibilità di equilibrio nei sub-sistemi e l'impossibilità d'equilibrio nel sistema considerato come insieme, poiché esso si trova in costante cambiamento. Il continuo processo di assestamento delle parti (sub-sistemi) si associa anche al concetto di equilibrio temporale, considerata la durata limitata dell'equilibrio parziale (Landesman e Scazzieri, in Baranzini e Scazzieri 1990, p. 105).

Per contro, la dinamica di Harrod considera nello specifico gli effetti del cambiamento continuo (*effects of continuing changes*), vale a dire dei cambiamenti riguardanti l'intervento di 'forze motrici' che hanno un effetto ininterrotto sul sistema economico, come ad esempio l'accumulazione di capitale o il progresso tecnico. Come sottolineano Landesman e Scazzieri (in Baranzini e Scazzieri 1990, p. 106) Harrod è interessato ai cambiamenti nelle interdipendenze del sistema avvenuti come conseguenza della modifica del saggio di variazione delle variabili. Il dinamismo, nel senso di Harrod, riconosce la dinamica strutturale di un sistema economico attraverso l'identificazione delle 'forze motrici', le quali prescrivono in modo ininterrotto il funzionamento del sistema. L'insieme di forze che operano continuamente nel sistema ne definisce la struttura e dinamica; per Harrod, quindi, la struttura economica è l'insieme di forze motrici che influiscono sul sistema economico. I cambiamenti attraverso il tempo del tasso di variazione delle forze motrici possono modificare la forma delle interdipendenze tra le forze motrici stesse. Questi cambiamenti, inoltre, provocano delle variazioni nella dinamica dell'intero sistema economico, nel senso che secondo Harrod le variazioni dei saggi di crescita (delle variabili che rappresentano le forze motrici) tra un periodo e l'altro originano delle modifiche nel 'tipo' di relazioni stabilite tra le forze che operano nel sistema, provocando in tal modo dei cambiamenti nella struttura del sistema stesso.

Harrod evidenzia la necessità dell'analisi dinamica nello studio economico e definisce la differenza tra l'analisi statica e dinamica nell'economia.⁴⁵ Harrod (1963,

⁴⁵ Vedasi Harrod (1948), in particolare il Capitolo I: *The need for a dynamic economics*.

p. 3) stabilisce altresì una definizione economica sul significato di statico e dinamico, attraverso un'analogia con le definizioni nel campo della scienza della fisica. Secondo la definizione fisica, la statica attiene a ciò che rimane in stato di riposo, mentre nell'economia concerne ciò che si trova nello stato stazionario, ossia lo stato dove alcune variabili si trovano isolate da qualsiasi effetto perturbatore.⁴⁶ Nello stato stazionario, il livello delle diverse quantità rimane costante, al contrario l'economia segue un percorso storico. L'equilibrio statico non implica uno stato nel quale rimane fissa la produzione o l'intero funzionamento dell'economia, implica invece che i valori delle variabili economiche si muovano attraverso il tempo senza aumentare o diminuire. Secondo Harrod (1963, p. 4) l'analisi marshalliana — e quella dei suoi contemporanei — è di tipo statico. Nell'economia statica si considerano certe condizioni fondamentali per l'analisi come appurate o già conosciute — quali ad esempio la popolazione, il terreno disponibile, i gusti, ecc.— ed esse sono utilizzate per determinare certi valori sconosciuti (dati come il tasso di *output* annuale per ognuno dei diversi tipi di beni e servizi o dei prezzi dei fattori produttivi e dei beni e servizi finali). Inoltre per Harrod anche l'analisi hicksiana⁴⁷ corrisponde ad un'analisi che utilizza la metodologia della statica economica, sebbene lo stesso Hicks la presenti come un modello di dinamica economica.⁴⁸ Anche se Hicks dimostra la possibilità di assestamenti non considerati nell'analisi statica tradizionale, e ammette la possibilità di squilibri a determinate condizioni, il suo proposito principale è la determinazione dell'equilibrio nel senso tradizionale (Harrod 1963, p. 9). Harrod al contrario afferma (1963, p. 4) che nell'analisi dinamica le condizioni fondamentali variano continuamente e che i tassi di *output* annui non siano le incognite del sistema di equazioni, ma lo sono i saggi con i quali aumentano (o diminuiscono) i tassi di *output* ogni anno.⁴⁹

⁴⁶ Su questo argomento anche Kondratieff (1925, p. 578) fa riferimento nel suo breve lavoro dedicato alla distinzione tra approccio statico e dinamico dell'economia. In questo stesso lavoro Kondratieff accenna all'importanza nella distinzione tra i sistemi economici stazionari ed i sistemi economici statici realizzata da J.B. Clark. Vedasi Clark, J. B. (1892, 1898).

⁴⁷ In particolare fa riferimento ai lavori *Value and Capital* e *Theory of Wages* (Harrod 1963, pp. 9, 24).

⁴⁸ In ogni caso l'analisi di Hicks non corrisponde alla definizione della dinamica di Harrod.

⁴⁹ Un'altra differenza tra questi tre metodi è il tipo d'applicazione. L'analisi di Harrod è di carattere macroeconomico, poiché le forze motrici costituiscono variabili economiche aggregate. Ciononostante essa ha applicazioni nello studio di processi produttivi particolari. Diversamente le analisi di Hicks e Marshall corrispondono ad analisi di tipo microeconomico, giacché le variabili considerate sono di carattere individuale, ovvero caratterizzano un processo produttivo.

La preoccupazione di Harrod (1963) riguardo alla necessità di stabilire un tipo di analisi dinamica più idonea alla realtà economica, era già stata sollevata precedentemente da Kondratieff (1925, p. 579), il quale inoltre caratterizza le forme che hanno i processi dinamici.⁵⁰ Siccome non in tutti i sistemi economici gli elementi (e le loro relazioni) possono cambiare soltanto in termini quantitativi, Kondratieff (1925) distingue tra le variazioni qualitative e quelle quantitative.⁵¹ Egli distingue anche altri due criteri per classificare i processi di cambiamento dei sistemi: cambiamenti irreversibili e ciclici. Questa distinzione si riferisce, nel primo caso, ai cambiamenti di tipo ‘evolutivo’ e nel secondo ai cambiamenti ripetitivi, reversibili o fluttuanti.

I processi irreversibili o evolutivi sono quelli che, in assenza di cause estranee, hanno un comportamento legato alla crescita (o decrescita), ovvero con una tendenza definita (Kondratieff, 1925, p. 579). I cambiamenti ciclici sono quelli in cui il sistema soffre delle fluttuazioni e queste si ripetono attraverso il tempo. I processi ciclici sono in generale caratterizzati da processi di cambiamento rappresentati da curve che presentano dei punti massimi e minimi ricorrenti (Kondratieff 1925, p. 580). Tutto questo, nonostante che la reversibilità (o l’irreversibilità) di un sistema riguardi il livello di astrazione⁵² in cui sono considerati i fenomeni economici. Si può affermare, con i termini usati da Kondratieff (1925, p. 582), che la realtà economica rappresenta un processo irreversibile nel quale il progresso delle singole parti si sviluppa in diverse tappe o processi reversibili.

In questo modo risulta evidente il ruolo fondamentale che l’analisi economica dinamica ricopre nello studio del cambiamento strutturale. L’utilizzo di una metodologia specifica per l’analisi dinamica determina la maniera in cui si concepisce la struttura economica esaminata. In virtù di questo, un’analisi maggiormente effettiva del dinamismo che non consideri solamente le trasformazioni causa-effetto, e

⁵⁰ Anche Kuznets (1930, p. 428) mette in evidenza questo bisogno che la teoria economica ha di essere rinnovata, in maniera che i problemi dinamici possano essere discussi in maniera efficiente. Le metodologie per definire e sistemare i fattori che caratterizzano il cambiamento economico sono del tutto diverse da quelle usate nell’analisi economica tradizionale, ovvero le metodologie che usano come unità l’attività individuale e focalizzano l’attenzione nello studio dello stato d’equilibrio. Vedasi Kuznets (1930, pp. 426-8, 435-9).

⁵¹ Questa distinzione risulta cruciale per l’analisi economica dinamica e per lo studio del cambiamento strutturale. L’approfondimento di questo argomento verrà affrontato nei prossimi capitoli.

⁵² Vedasi la Sezione 8.2 in cui verrà discusso il processo di astrazione nella teoria dei sistemi.

condizioni fondamentali determinate in maniera esogena (o come costanti), permetterebbe di tenere conto del cambiamento strutturale. Quest'ultimo mostrerebbe la propensione delle variabili e delle loro interdipendenze (che rappresentano il sistema economico) a mutare nel tempo.

2.2.2. Metodi di integrazione delle attività economiche

I metodi per l'integrazione delle attività, dei processi o degli agenti economici, costituiscono gli schemi analitici attraverso cui si studia la dinamica economica strutturale. Questi metodi permettono di analizzare le relazioni produttive all'interno del sistema economico nel tempo. Ciò implica implicitamente l'utilizzo dei metodi d'analisi dinamica.

Le relazioni produttive (delle attività, dei processi o degli agenti produttivi) sono rappresentate attraverso quattro schemi analitici esposti da Landesmann e Scazzieri (1990, p. 108):

1. Un modello di 'flusso circolare' senza specificazioni temporali della struttura.
2. Un modello di interdipendenze orizzontali che considera la struttura temporale.
3. Un modello di integrazione verticale dei processi o settori produttivi.
4. Un modello di integrazione verticale di sub-sistemi, ognuno integrato orizzontalmente al suo interno.

I modelli classici di Quesnay (1758) e Marx (1885) usano come strumento d'analisi lo schema statico di 'flusso circolare'. I modelli di Von Neumann (1935), Leontief (1941), Sraffa (1960), Hicks (1965) e Pasinetti (1977), costituiscono modelli di integrazione orizzontale della struttura economica. Tra i modelli di integrazione orizzontale che considerano la struttura temporale delle relazioni intersettoriali si riconoscono ad esempio modelli come la versione dinamica del modello di Leontief (1953,1970), il modello di Löwe (1976) e il modello di Goodwin (1949). Il modello di Hicks (1973) ha uno schema di integrazione verticale dei processi produttivi. La

rappresentazione della struttura economica con un modello di integrazione verticale si distingue anche nei modelli di Walras (1874), Pareto (1906), Allais (1943) e Debreu (1959), così come nella riformulazione del modello smithiano di Pasinetti (1965, 1973, 1981). Il modello sulla dinamica economica strutturale di Pasinetti (1981, 1993) segue uno schema di integrazione verticale di sub-sistemi, che al loro interno sono però integrati orizzontalmente. In altre parole, costruisce un appropriato insieme di regole per passare dall'analisi inter-industriale — sviluppata con riferimento a un dato momento del tempo —, all'analisi verticalmente integrata — da usare per indagini nel tempo o analisi dinamiche (Pasinetti 1993, p. 37).

Nel modello di 'flusso circolare' le relazioni e le dipendenze sono ripetitive. L'attività di consumo è considerata come una condizione necessaria per l'attività produttiva e viceversa. Una porzione del prodotto generato durante un'unità di tempo in un settore produttivo è consumato direttamente dallo stesso settore, l'altra porzione viene usata (come materia prima) dagli altri settori per continuare il processo produttivo. Questo modello è uno strumento analitico statico; che può divenire dinamico con la rappresentazione sequenziale dei flussi circolari. In generale, nei modelli di integrazione 'orizzontale' si considerano in maniera esplicita gli aggiustamenti temporali tra processi o settori produttivi. In questi modelli le relazioni tra gli elementi individuali del sistema sono causali. Ogni elemento è generato grazie all'utilizzo di altri elementi e allo stesso tempo usato in altri processi. Per questa ragione il sistema economico è definito come una successione chiusa di interrelazioni tra i suoi elementi (vedasi Figura 2). I modelli orizzontali che considerano inoltre anche l'evoluzione temporale corrispondono ai tentativi di rendere dinamici i modelli di flusso circolare (vedasi Figura 3).

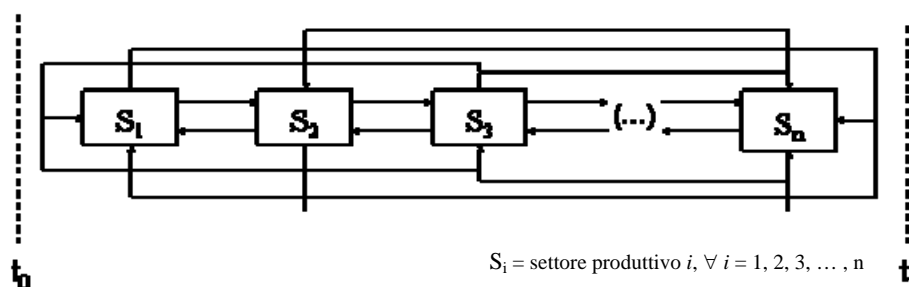
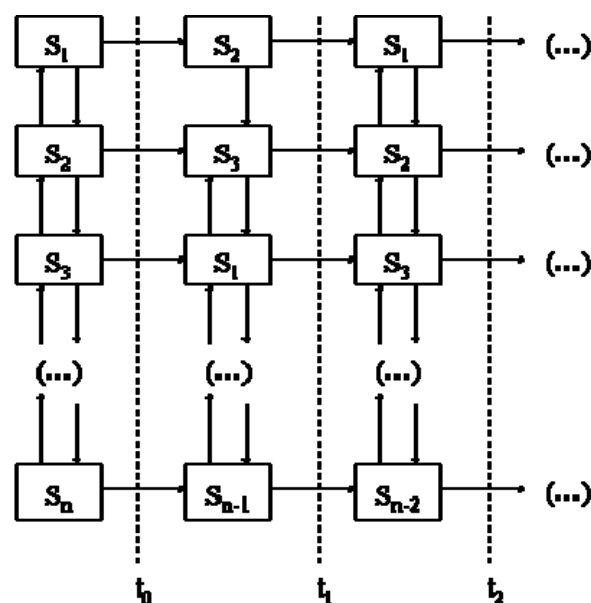


Figura 2: Modello di flusso circolare uniperiodale. (Fonte: Elaborazione dell'autore)

D'altra parte, nell'analisi delle 'strutture temporali' (*stage structures*) e nell'analisi trasversale, l'interdipendenza tra i processi produttivi passa in secondo piano, mentre viene maggiormente considerata la struttura temporale nella quale accadono tali processi (vedasi Figura 4). Questo tipo di modelli è chiamato *time-based* perché i processi o i settori produttivi sono aggregati in un certo modo e la loro durata nel tempo rappresenta il fattore di rilevanza per l'analisi. I modelli che scompongono i processi o i settori produttivi per mettere in rilievo il flusso intersettoriale dei beni o servizi (nel caso dei modelli di integrazione orizzontale) sono invece chiamati *sector-based*.



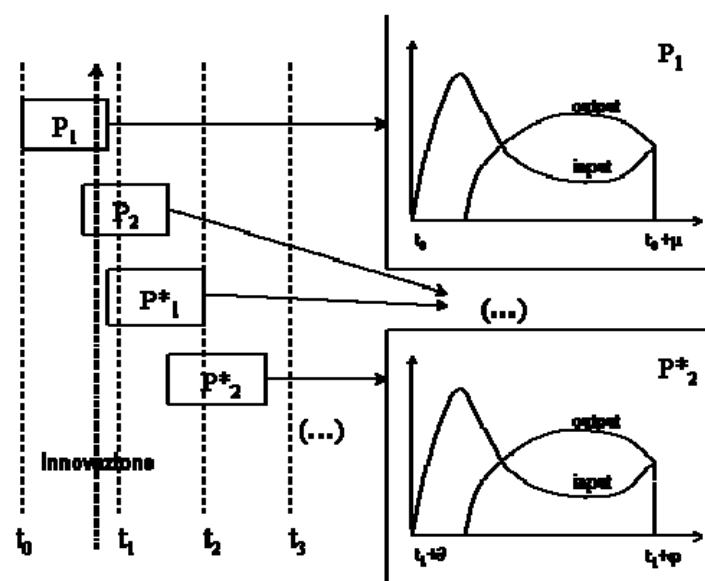
S_i = settore produttivo i , $\forall i = 1, 2, 3, \dots, n$

Figura 3: Modello delle interdipendenze orizzontali con effetti distribuiti nella struttura temporale.
(Fonte: Elaborazione dell'autore)

Si distinguono inoltre i modelli di integrazione verticale di sub-sistemi indipendenti, dove ognuno di essi è un settore produttivo e il sistema economico è l'insieme degli stessi. Questa separazione in sub-sistemi permette di analizzare le relazioni tra i fattori produttivi e i beni di consumo secondo un modello di integrazione verticale. Così, a partire da un modello orizzontalmente integrato (*sector-based*) che rappresenta l'interdipendenza tra i sub-sistemi in un dato periodo di tempo, si analizza l'intero sistema produttivo rappresentato in un modello verticalmente integrato che permette un'indagine dinamica (vedasi Figura 5).

Nonostante la distinzione tra i precedenti modelli per rappresentare il sistema produttivo (modelli per interrelazionare processi, settori o attività produttive) è possibile attuare un raggruppamento in due gruppi generali: ‘modelli di integrazione orizzontale’ (*time-based*) e ‘modelli di integrazione verticale’ (*sector-based*), fondati rispettivamente sugli schemi analitici di matrice smithiana e ricardiana.

Alcuni elementi utili per identificare la logica generale delle teorie della dinamica strutturale possono essere forniti dall’economica politica classica e in particolare dagli schemi analitici proposti rispettivamente da Smith e Ricardo. Gli approcci smithiani e ricardiani, difatti, consentono da un lato di individuare alcuni elementi comuni alle diverse sistemazioni teoriche e permettono dall’altra parte di distinguere due principali criteri che possono essere seguiti nella rappresentazione di dinamiche strutturali da parte della teoria economica. (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, p. 15)

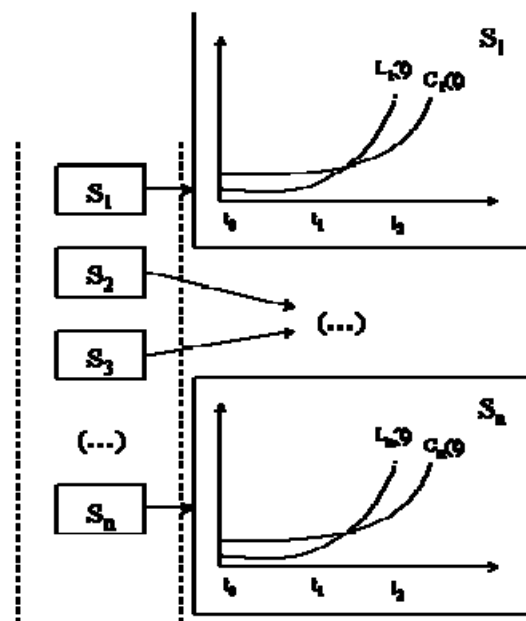


P_i = processi produttivi i , $\forall i = 1, 2, 3, \dots, n$
 P^*_i = processo produttivo i che usa una tecnica nuova, $\forall i = 1, 2, 3, \dots, n$

Figura 4: Modello d’analisi trasversale dei processi integrati verticalmente usato da Hicks (1973).
 (Fonte: Elaborazione dell’autore)

Entrambi gli schemi analitici sono collegati tra loro e possono essere intesi come diversi modi per rappresentare fondamentalmente la stessa cosa. Un modello orizzontale elementare comprende un insieme di beni (di produzione o consumo) che sono il risultato dell’attività di diversi settori produttivi. Ogni settore ha dei rapporti tecnici con gli altri, riconoscibili collegando quantità di *input* con quantità di *output* attraverso una funzione di produzione: $a^j \rightarrow b^j$, per j settori, dove a^j e b^j

rappresentano rispettivamente il vettore colonna degli *input* e quello degli *output*.⁵³ Un modello verticale elementare non considera esplicitamente gli *input*⁵⁴, sottolinea bensì l'importanza intertemporale dei processi di produzione e di consumo; ovvero descrive l'interdipendenza tra lavoro e beni finali di consumo e pertanto la produttività. Nei modelli di integrazione verticale la funzione della produzione è definita come la relazione temporale (a partire dal tempo 1) tra *input* e *output*: $\lambda^t \rightarrow \chi^t$, dove nel periodo di tempo t gli *input* (lavoro) λ^t producono degli *output* χ^t (Magnan de Bornier, in Baranzini e Scazzieri 1990).



L_i = coefficienti di lavoro per il i -esimo bene di consumo, $\forall i = 1, 2, 3, \dots, n$
 C_i = coefficienti di consumo (domanda pro-capite) per il i -esimo bene di consumo, $\forall i = 1, 2, 3, \dots, n$

Figura 5: Modello di integrazione verticale di sub-sistemi usato da Pasinetti (1981 e 1993).
 (Fonte: Elaborazione dell'autore)

Questi modelli della struttura economica possono essere espressi in maniera generale attraverso una rappresentazione analitica. La seguente rappresentazione analitica usa la notazione e le definizioni di Hagemann, Landesmann e Scazzieri

⁵³ Assumendo rendimenti di scala costanti la funzione di produzione è descritta dai seguenti coefficienti: per i settori j ($j = 1, \dots, n$), a_j è la quantità di lavoro necessario, a_{ij} sono gli *input* i ($i = 1, \dots, n$) necessari per produrre l'*output* b_{ij} ($i = 1, \dots, n$). La struttura di tutta l'economia si rappresenta mettendo insieme tutte le attività: $A_0 = (a_1, \dots, a_j, \dots, a_n)$ è un vettore che descrive i requisiti di lavoro di tutti i settori; $A = [a_{ij}]$ è la matrice degli *input* e $B = [b_{ij}]$ è la matrice degli *output* (Magnan de Bornier, in Baranzini e Scazzieri 1990, p. 123).

⁵⁴ Nei modelli di integrazione verticale si considera che tutti i beni, anche quelli di capitale, sono realizzati soltanto con il lavoro.

(2003, pp. *xii-xviii*) e permette di rappresentare in maniera generale la dinamica economica e le relazioni tra un insieme di agenti (processi o attività) economici eterogenei.

Sia Ω l'insieme di agenti economici eterogenei e sia Π l'insieme di attività economiche eterogenee, si definisce come l'insieme di relazione tra Ω come R_ω , e l'insieme di relazione tra Π come R_π . Gli agenti all'interno di ogni insieme di classi sono relativamente omogenei: $\Omega^* = \{\Omega^*_1, \Omega^*_2, \dots, \Omega^*_n\}$; e così è per l'insieme di attività: $\Pi^* = \{\Pi^*_1, \Pi^*_2, \dots, \Pi^*_n\}$. Ognuno degli elementi dell'insieme Ω può essere associato ad un solo elemento dell'insieme Ω^* e in modo analogo per Π con Π^* . La precedente semplificazione è collegata all'ipotesi di 'eterogeneità limitata'⁵⁵, secondo la quale la complessità del sistema economico viene ridotta in modo arbitrario attraverso la selezione di insiemi di Ω^* per Ω e anche di Π^* per Π .⁵⁶

La rappresentazione della struttura economica si realizza dunque attraverso la definizione sistemica degli agenti e delle attività eterogenee, nonché attraverso l'integrazione (orizzontale o verticale) degli agenti o delle attività produttive. Le strutture orizzontali raggruppano gli agenti o attività economiche in classi caratterizzate in modo tale da essere reciprocamente dipendenti. Le strutture verticali raggruppano invece gli agenti o le attività economiche in classi caratterizzate per dipendenze unilaterali.

Sia R^H la relazione tra l'insieme Π , $\forall(\pi_i, \pi_j) \in \Pi \otimes \Pi$, la relazione $\pi_i R^H \pi_j$ definisce la dipendenza 'simmetrica' tra l'attività π_i e l'attività π_j . Nel caso degli agenti Ω si stabilisce una definizione equivalente.

Nelle strutture orizzontali si possono definire sottoinsiemi di agenti $\Omega^*_s{}^H$ o di attività $\Pi^*_s{}^H$, dove una singola componente (agente o attività) del sottoinsieme $\Omega^*_m{}^H$ (o $\Pi^*_m{}^H$) può avere una relazione casuale con una singola componente dell'altro

⁵⁵ L'ampia varietà di agenti economici nello studio del cambiamento strutturale richiede l'assunzione dell'ipotesi di 'eterogeneità limitata' che insieme al 'principio d'invarianza relativa' permette di diminuire la complessità del sistema e rappresentare la struttura economica come una 'descrizione selettiva' del sistema (Hagemann, Landesmann e Scazzieri 2003, p. *xii*).

⁵⁶ Vedasi Capitolo 6 e le Sezioni 8.1 e 8.2 in cui si discute il processo d'astrazione nella teoria dei sistemi.

sottoinsieme Π_n^{*H} (Ω_n^{*H}), ma senza che nessun elemento di quest'ultimo sottoinsieme abbia una relazione con uno del primo. In questo caso si definirebbero delle relazioni causali individuali e unilaterali tra sottoinsiemi e quindi questi avrebbero una struttura verticale Ω^{*V} .

Sia R^V la relazione che si definisce tra l'insieme Π , $\forall(\pi_i, \pi_j) \in \Pi \otimes \Pi$, la relazione $\pi_i R^H \pi_j$ definisce la dipendenza asimmetrica tra l'attività π_i e l'attività π_j , nella quale l'attività π_i dipende dall'attività π_j , ma non viceversa. Nel caso degli agenti Ω si stabilisce una definizione equivalente.

Le relazioni verticali asimmetriche tra i sottoinsiemi di elementi Ω_n^{*V} e Ω_m^{*V} (o Π_n^{*V} e Π_m^{*V}) sono definite, rispettivamente, a partire da Ω_n^{*H} e Ω_m^{*H} (o Π_n^{*H} e Π_m^{*H}). Da questa formula si ottengono relazioni verticali R^V tra le attività o gli agenti definiti in nuovi sottoinsiemi, dove tutte queste relazioni R^V sono riferite alle relazioni orizzontali R^H . Magnan de Bornier (in Baranzini e Scazzieri 1990, p. 129) fa riferimento alla considerazione precedente: i modelli basati sul tempo (*time-based*) possono sempre essere tradotti come modelli basati sui settori (*sector-based*), ma questi ultimi avranno una struttura speciale. Ciò non implica che un modello orizzontale (*sector-based*) possa essere interpretato come la traslazione di un modello verticale (*time-based*); esso è teoricamente più generale perché a differenza dei modelli verticali permette circolarità.

In questo modo nello schema di rappresentazione orizzontale delle unità economiche il 'consumo di prodotti intermedi' è l'aspetto rilevante (dato che è indispensabile per portare avanti il processo di produzione); mentre nello schema di rappresentazione verticale 'l'allocatione produttiva' assume il ruolo centrale. Nello schema orizzontale si stabilisce la dipendenza settoriale nel processo produttivo in ogni periodo di tempo. In questi tipi di modelli l'evoluzione nel tempo del sistema produttivo è anche circolare, poiché esiste una dipendenza intertemporale: ciò che si ha nel periodo attuale è stato determinato in parte da ciò che si è ereditato dal periodo precedente; e all'interno di ogni periodo di tempo la produzione di tutti beni è reciprocamente dipendente. Nel secondo tipo di schema il risultato del processo

produttivo dipende, in ogni unità di tempo, dalla quantità di materia prima usata all'inizio del periodo; perciò non esiste un collegamento intertemporale diretto e il processo produttivo dipende dalla disponibilità di risorse in ogni periodo (data una tecnologia). I modelli integrati verticalmente non riportano circolarità nella dipendenza temporale del processo produttivo e neppure tra i settori. L'analisi strutturale in questo tipo di schemi non è fondata sulla considerazione della composizione settoriale, bensì si concentra sulle relazioni macroeconomiche tra la capacità produttiva di un sistema economico e i beni finali prodotti in tale sistema.

3. LA DINAMICA STRUTTURALE NELLA TEORIA ECONOMICA: ALCUNI MODELLI

3.1. Lineamenti della dinamica strutturale nella teoria economica

Nei cinquant'anni che hanno preceduto la grande depressione degli anni Trenta del secolo scorso, l'interesse nelle questioni economiche riferito ai problemi della struttura economica⁵⁷ non è stato significativo come quello dei primi tempi della nascita dell'economia come scienza, oppure come ai tempi del secondo dopoguerra⁵⁸; periodi in cui il problema della crescita, dello sviluppo e del benessere sociale hanno avuto un'importanza prioritaria per la ricerca economica. Nella rivoluzione marginalista l'interesse economico si è focalizzato sull'analisi a corto termine dell'equilibrio, con un orientamento prevalentemente microeconomico.

In questo capitolo presenteremo alcuni esempi di schemi analitici come quelli di Quesnay, Smith, Ricardo, Marx, Von Neumann, Leontief, Hicks, Goodwing, Pasinetti, Schumpeter e Kuznets, con il proposito di esemplificare l'esposizione del capitolo precedente, senza dimenticare però l'esistenza di altri modelli che potrebbero permettere di studiare la struttura economica e la propria dinamica.

Il cambiamento strutturale non è stato riferito in modo esplicito (anche se si è analizzata la struttura economica) in nessuno dei modelli realizzati durante l'epoca classica dell'economica e neppure in quelli realizzati nei decenni successivi agli anni Trenta (con poche eccezioni negli ultimi tempi). Tutti questi modelli raccolgono le variazioni del sistema economico nella stessa struttura, sebbene in quasi tutti i modelli sia sottolineata l'importanza del cambiamento e della dinamica del sistema nell'analisi economica. Alcuni modelli, presentati in seguito, permettono di descrivere

⁵⁷ Problemi della struttura economica sia a livello aggregato sia da un punto di vista dinamico.

⁵⁸ Nel periodo della seconda guerra mondiale, infatti, precisamente nel 1936, grazie alla pubblicazione della *General theory of employment, interest and money* di Keynes, l'interesse della ricerca economica si focalizzò nella macroeconomia e nella ricerca settoriale con i modelli *input-output*.

l'evoluzione del sistema nel tempo, attraverso la variazione dei parametri o dei coefficienti che distinguono la struttura rappresentata, la quale rimane costante nel tempo. Questi modelli, nonostante non rappresentino formalmente il cambiamento strutturale, costituiscono la base per la formulazione di una sua teoria poiché prevedono il cambiamento e l'evoluzione della struttura.

La teoria economica può essere vista come una rappresentazione di relazioni tra unità economiche elementari, come, ad esempio, il processo di produzione e l'attività di consumo. Questa rappresentazione può avere diverse forme in funzione dei criteri con cui si definiscono le relazioni tra i processi e le attività. Spesso l'integrazione dei processi o delle attività presentano delle interdipendenze circolari: l'attività di consumo è considerata come requisito necessario nel processo di produzione. Lo stato stazionario o i processi di espansione vengono spiegati solitamente attraverso uno schema circolare. In altri casi l'integrazione è di tipo verticale: le relazioni di produzione non sono reciproche; esse sono invece unidirezionali e l'attività di consumo rappresenta il punto culminante del processo produttivo. Nei modelli di integrazione verticale la produzione futura non è relazionata alle condizioni attuali del sistema economico, il processo di produzione dipende soltanto dalle risorse disponibili di ogni periodo. Dato che la disponibilità di risorse non dipende dal processo produttivo considerato, non esiste circolarità in esso e le interdipendenze nel processo produttivo sono di tipo 'unidirezionale' (Baranzini & Scazzieri 1990, pp. 228-9). Queste due alternative di integrazione usate nella rappresentazione della struttura economica (orizzontale e verticale) si possono riconoscere nelle opere di diversi autori, partendo dai modelli di Smith e Ricardo; e alcune di esse verranno descritte nelle sezioni successive.

3.2. I modelli dell'economia classica

L'opera di Smith pone l'attenzione sul problema della crescita e dello sviluppo, benché nella storia del pensiero economico le sue teorie del valore e sulla distribuzione siano state messe particolarmente in risalto. Il modello smithiano comprende l'analisi della crescita e dello sviluppo, in cui il capitale, la popolazione e

la produttività del lavoro sono gli elementi fondamentali. Smith considerò il lavoro come la misura del valore (prezzi naturali) e nella sua funzione di produzione, $Y = f(K, L, N)$, considera tre fattori produttivi: il capitale, il lavoro e la terra (Adelman 1961, p. 37).

Smith (1776), nella sua *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*, considera il cambiamento temporale della produzione quale conseguenza dei cambiamenti nella produttività e nel grado della divisione del lavoro:

Questo grande aumento della quantità di lavoro che lo stesso numero di uomini è capace di compiere a conseguenza della divisione del lavoro, si deve a tre diverse circostanze: in primo luogo l'aumento della destrezza di ciascun operaio; secondariamente il risparmio del tempo che si perde comunemente nel passare da una specie ad un'altra e infine l'invenzione di un gran numero di macchine che facilitano e abbreviano il lavoro e consentono ad un uomo di fare il lavoro di molti. (Smith 1958, 1a ed. 1776, p. 12).

Un cambiamento nella produzione, come conseguenza di un cambiamento nelle tecnologie usate nell'attività produttiva, prevede non solo il cambiamento intertemporale del sistema produttivo, bensì anche il cambiamento nella sua struttura. Pasinetti (1981 e 1993) sostiene che il cambiamento tecnologico attraverso l'apprendimento delle conoscenze tecniche è il fattore chiave del progresso economico delle nazioni; ed è ciò che distingue la ricchezza tra i vari paesi poiché è la fonte principale d'incremento della produttività del lavoro. Il grado di divisione del lavoro può essere interpretato come una causa dei cambiamenti nella struttura del sistema, dato che esso dipende dalla misura del mercato e quest'ultima dal livello corrente d'accumulazione di capitale (e dai fattori di tipo istituzionale). L'accumulazione di capitale infatti è il fattore che permette all'attività produttiva l'utilizzo di nuove macchine e strumenti necessari nella produzione. Secondo Smith il grado di divisione del lavoro è correlato alla quantità di capitale accumulato: la divisione del lavoro si rende possibile grazie alle innovazioni e ai processi di apprendimento ed è quindi conseguente ai cambiamenti tecnologici.⁵⁹ Si può dunque affermare che i cambiamenti del sistema produttivo sono un effetto del livello della divisione del lavoro, poiché la dimensione del mercato e la tecnologia disponibile

⁵⁹ Young (1928, p. 539) sottolinea l'importanza delle generalizzazioni di Smith sulla divisione del lavoro e riprende le sue idee nello studio del progresso economico. La possibilità di rendimenti crescenti e di progresso economico si trova nella dipendenza reciproca tra la divisione del lavoro e l'estensione del mercato.

rendono possibile la divisione dello stesso; questi a loro volta dipendono dal grado di accumulazione di capitale (e dalle regolazioni dettate al commercio).⁶⁰ Il progresso tecnologico infatti è sempre stato una questione cruciale dei nostri sistemi economici, dall'epoca della rivoluzione industriale:

Lo stesso Adam Smith, in modo perfettamente consapevole, nella sua 'indagine sulla natura e le cause della ricchezza delle nazioni' attribuiva essenzialmente la ricchezza di una nazione, per usare le sue parole, alla 'abilità, destrezza e discernimento con cui il lavoro [...] viene generalmente impiegato' [Smith 1904 (1976), 1, Trad., 3]; ossia, nella nostra moderna terminologia, al modo con cui il progresso tecnico viene generalmente messo a frutto nell'attività produttiva. (Pasinetti 1993, p. 167).

Pertanto in Smith il flusso di ricchezza prodotta in un'economia dipende unicamente dal modo con cui la capacità produttiva viene usata e dalla configurazione dell'occupazione; essa è indipendente dalla dotazione di risorse iniziali. Dotazioni apparentemente simili di risorse producono, dopo il processo di trasformazione in beni, risultati diversi nella formazione della ricchezza. La divisione del lavoro e il processo d'apprendimento costituiscono i punti centrali dell'analisi smithiana: l'espansione dell'economia (introduzione di processi produttivi) con un numero inferiore di mansioni (maggiore specializzazione del lavoro) ha permesso una maggiore divisione del lavoro nel sistema produttivo complessivo, associata a un aumento della produttività e dell'efficacia dell'attività produttiva nei processi di trasformazione.

Esiste poi un incentivo all'aumento del commercio che può stimolare ulteriori aumenti nella divisione del lavoro. Il processo precedente, come esposto da Quadrio-Curzio e Scazzieri (1990 pp. 16-20), si concretizza in un processo cumulativo⁶¹ che riflette la possibilità d'ampliamento della divisione del lavoro nei settori produttivi. In questo modo a breve termine si producono squilibri temporali nel sistema economico come conseguenza dei cambiamenti nella configurazione della domanda (misura del mercato) e a lungo termine l'economia raggiunge il suo 'ordine naturale', dove i fondi di capitale devono essere destinati ai settori produttivi affinché si incrementi la

⁶⁰ Come si può evincere dal titolo del capitolo III della *Indagine sulla natura e le cause della ricchezza delle nazioni*: "che la divisione del lavoro è limitata dall'ampiezza del mercato." (Smith 1958, 1a ed. 1776, pp. 19)

⁶¹ Il processo cumulativo determina nel lungo periodo il saggio massimo di espansione del sistema economico o *stato stazionario*. Vedasi ad esempio Smith (1958, 1a ed. 1776, pp. 66-133).

divisione del lavoro con livelli correnti di accumulazione di capitale sufficientemente elevati.

Inoltre, l'accumulazione di capitale è legata alle condizioni istituzionali — come le regolazioni sul commercio — e, come noto, anche alla misura del mercato, alle tecniche produttive e al grado di divisione del lavoro (vedasi Figura 6). Nel modello di Smith la variabile istituzionale include principalmente gli aspetti politici (regolamentazioni) ed è considerata come esogena e definita in maniera arbitraria ($U = \bar{U}(t)$). Questa considerazione è una limitazione quando si osserva il cambiamento strutturale poiché difatti le condizioni istituzionali sono i fattori che influiscono sui cambiamenti di tipo strutturale.

Con riferimento alle istituzioni economiche da porre in essere per realizzare il sistema economico 'naturale', ci siamo occupati soprattutto del meccanismo concorrenziale dei prezzi di mercato [...] quando un meccanismo istituzionale di questo tipo emerge, e funziona automaticamente, bisogna prenderlo molto seriamente. Soprattutto, occorre essere molto cauti di fronte agli inviti ad abbandonarlo, se non sono disponibili alternative ragionevolmente ben definite. Evidentemente i meriti del meccanismo dei prezzi di mercato non devono essere sottovalutati [...] neppure sopravvalutati.

[...] Gli economisti classici sottolinearono sempre la necessità di penetrare al di sotto della superficie dei fenomeni economici immediatamente osservabili, per individuare forze che li muovono dal profondo.

[...] Un'analisi della dinamica strutturale scopre aspetti relativi a *come* essi si muovono e alle *direzioni* in cui si muovono, il che è di importanza cruciale ai fini istituzionali. [...] Anche la semplice informazione sulla *direzione* dei movimenti ha implicazioni sorprendentemente rilevanti sulle caratteristiche, e i requisiti, dei meccanismi istituzionali da istituire per dare le risposte e mettere in atto gli adattamenti appropriati. [...] Non c'è infatti soltanto un 'problema istituzionale' da risolvere; si profila anche una sfida per «l'azione» sul piano istituzionale, ossia per la costruzione delle istituzioni appropriate alle società industriali. (Pasinetti 1993, pp. 223-6)

D'altra parte il modello smithiano considera la variabile 'quantità di terra disponibile' come fissa e invariabile nel tempo ($\partial N / \partial t = 0$); la crescita della popolazione ($\partial L / \partial t$) invece dipende dal salario (e dal capitale). La teoria di Smith sulla popolazione è basata sull'affermazione che la popolazione (e quindi anche l'offerta di lavoro) varia proporzionalmente alla differenza tra il salario monetario attuale e il salario di sussistenza ($\partial L_s / \partial t = c(w - w)$).⁶² Per tale motivo l'accumulazione

⁶² "Un uomo deve sempre vivere del suo lavoro ed il suo salario dev'essere almeno sufficiente a mantenerlo. Nella maggior parte dei casi esso dev'essere anche qualcosa di più, altrimenti non gli sarebbe possibile allevare una

di capitale in questo modello rappresenta anche il fattore che influenza principalmente la variazione del reddito nazionale e pertanto anche la crescita e lo sviluppo. Il rapporto reddito/capitale è diretto, poiché la capacità di investimento (che viene limitata dalla quantità risparmiata nell'economia) è determinata dal reddito. Inoltre il tasso di formazione di capitale ($\partial K/\partial t$ o tasso d'investimento) dipenderà anche dal tasso di profitto (meno il saggio minimo di profitto del capitale, considerato come un tasso di compensazione per assumere rischio): $(r - r)$.⁶³

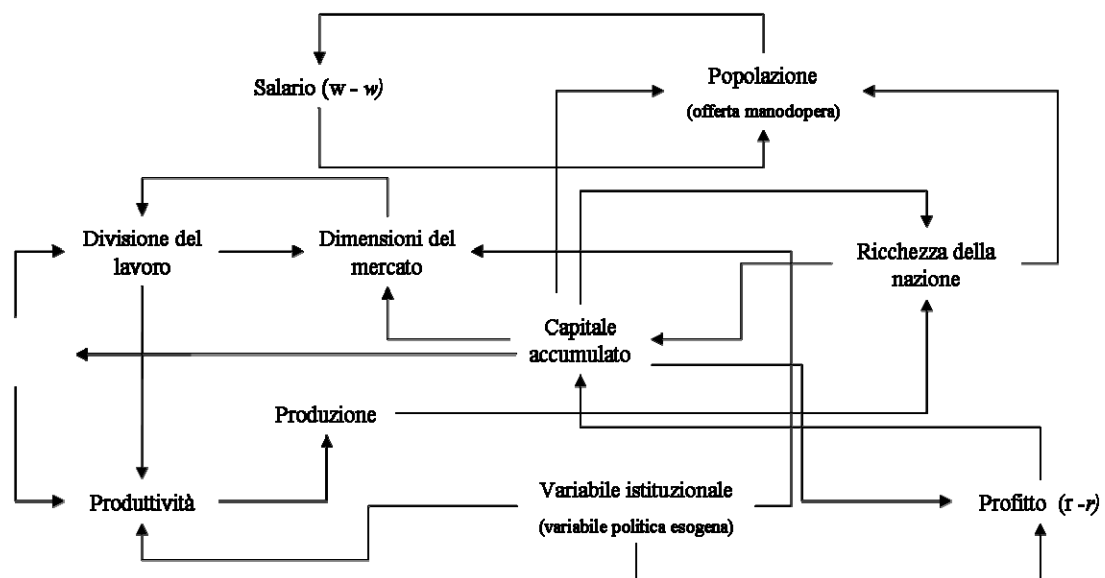


Figura 6: Diagramma causale del modello semplificato di Smith, nel diagramma le frecce rappresentano le relazioni funzionali in ogni unità di tempo.⁶⁴ (Fonte: Elaborazione dell'autore)

famiglia, e la razza di tali operai non potrebbe durare oltre la prima generazione.” (Smith 1945, 1a ed. 1776, p. 63).

⁶³ Nella notazione di Adelman (1961) questo rapporto viene espresso nella seguente maniera: $\partial K/\partial t = f((r-r), Y)$, dove

$(r-r) = m(K, U(t))$, con $\partial m/\partial k < 0$. Per Smith una quantità maggiore di capitale può essere impiegata solo ad un tasso di profitto (marginale) minore (data la pendenza negativa delle rendite marginali del capitale), poiché suppose che un aumento di capitale produce un aumento dei salari e ciò fa sì che il profitto tenda a diminuire. L'offerta di capitale, inoltre, è in funzione inversa al tasso di interesse (Adelman 1961, pp. 47-48).

⁶⁴ Il modello di Smith considera un'economia che cambia progressivamente fino al raggiungimento del suo limite superiore o stato stazionario, poiché nell'andamento economico il rapporto capitale-prodotto diminuisce. Aumenti nella produttività del lavoro incrementano la produzione, dato che aumenti nella produttività producono diminuzioni nei costi. Gli aumenti nella produttività (e diminuzioni dei costi della produzione) sono conseguenza di una maggiore divisione del lavoro e dell'aumento nella disponibilità di macchinari. La divisione del lavoro è determinata dalle dimensioni del mercato e dalla disponibilità di macchinari. Il capitale accumulato determinerà il tasso di cambiamento della tecnologia e perciò della disponibilità di macchinari. Il capitale accumulato determina anche la domanda di manodopera, la quale è proporzionale all'offerta di lavoro (a lungo termine sono uguali). La popolazione (manodopera disponibile) nella teoria di Smith viene determinata dalla differenza tra il salario reale (w) ed il salario di sussistenza (\bar{w}), giacché se il salario reale aumentasse, la popolazione tenderebbe a crescere. Nelle economie in espansione i tassi di salari sono più alti perché quello che stimola una crescita dei salari è il continuo incremento della ricchezza di una nazione e di conseguenza i paesi più produttivi avranno tassi di salari più alti. D'altra parte il capitale accumulato opera in maniera determinante nel processo di crescita dell'economia e perciò nell'accumulazione di ricchezza. Sebbene l'accumulazione di capitale sia collegata al tasso d'investimento,

Nel modello di Smith il dinamismo del sistema economico viene rappresentato dall'individuazione dei cambiamenti progressivi del percorso economico di crescita, di calo, di sviluppo o di sottosviluppo. Il progresso dinamico dell'economia dipenderà dalle condizioni iniziali (K_o , N_o , L_o), dai parametri di tipo istituzionale (fissi nel tempo) e anche dai cambiamenti storici determinati in modo esogeno e prescritti dallo schema istituzionale ($\bar{U}(t)$). La crescita, secondo Smith, dipenderà dalla natura delle istituzioni, date le condizioni iniziali. Pertanto nelle istituzioni Smith trova una risposta al problema della crescita e dello sviluppo economico. Seguendo un'idea abbastanza diffusa, egli si pronunciava a favore del libero scambio e delle politiche non interventiste per assicurare l'incremento della produzione — nazionale e mondiale — (Adelman 1961, p. 54). Nonostante, e in contrasto, con queste comuni e tanto diffuse spiegazioni della teoria smithiana è possibile trovare delle interpretazioni alternative e approfondite sui concetti chiave che caratterizzano la teoria di Smith, quali la mano invisibile, la libertà, il commercio, la politica, le istituzioni, ecc. Rothschild (1992, 1994) analizza infatti questi argomenti e scrive che il criticismo di Smith al governo e alle istituzioni sono cruciali nella sua politica economica, ma questa critica non è per nulla relazionata con il dimenticarsi di essi e formulare una teoria sul sistema economico generale (Rothschild 1994, p. 321).

Il modello di Smith esprime il processo dinamico dell'economia, che culmina con l'arrivo allo stato stazionario, e considera il ruolo del contesto istituzionale nei cambiamenti del sistema. Non prevede però il cambiamento strutturale in maniera esplicita. L'evoluzione e la trasformazione del sistema (crescita, calo, sviluppo, sottosviluppo) ipotizzano condizioni iniziali e parametri determinati che vengono considerati cambiamenti di tipo quantitativo nel tempo. Secondo Quadrio-Curzio e Scazzieri (1990, p. 16), queste condizioni iniziali si trovano di fronte ad un processo

il quale dipende del tasso di profitto ($r - r$). Per Smith il motivo per il quale si investe un capitale dipende dal profitto auspicato e questo profitto, a sua volta, dipende in maniera inversa dal capitale disponibile (una grande quantità di capitale potrà essere usata soltanto ad un tasso di profitto minore) e dalle condizioni istituzionali. Il capitale è limitato anche dalla ricchezza della nazione. Nonostante il progresso economico dipenda dalle variabili sopracitate, Smith enfatizza l'importanza della natura delle istituzioni di una nazione, la quale costituisce una variabile esogena. Sono difatti le restrizioni istituzionali quelle che fisseranno le dimensioni del mercato, stabiliranno il tasso di profitto (r e r dipendono dal quadro istituzionale) e agiranno sulla produttività del lavoro.

cumulativo che può condurre alla modifica dei processi di allocazione delle risorse e dei processi di espansione tra settori.

La dinamica dei moderni sistemi economici a partire dalla [prima] rivoluzione industriale mostra che i cambiamenti permanenti nei livelli assoluti di alcune grandezze fondamentali (come il prodotto nazionale lordo, il consumo totale, gli investimenti complessivi, l'occupazione complessiva) sono necessariamente collegati a cambiamenti nella loro composizione, cioè a *cambiamento strutturale*. (Pasinetti e Scazzieri in Quadrio Curzio e Scazzieri 1990, p. 13).

L'attenzione smithiana per l'apparato di trasformazione – risorse non prodotte in beni di consumo – lo rende uno schema analitico di integrazione verticale, poiché collega le unità di *output* a una quantità di *input* (quantità di lavoro) necessaria per ottenerlo, senza specificare la composizione della struttura (e con una visione unidirezionale e asimmetrica del processo produttivo). Per contro l'analisi ricardiana si basa sulla considerazione dell'apparato di struttura, costruito a partire da relazioni simmetriche di dipendenza circolari (e ha quindi una visione reiterativa del processo produttivo). Qui di seguito viene ora descritto il suddetto modello.

David Ricardo parte da una funzione di produzione con produttività marginale decrescente composta da tre fattori: capitale, lavoro e risorse naturali ($Y = f(K, L, N)$), prendendo come variabile-chiave i mezzi di produzione non prodotti (come sono la terra e le risorse minerarie). La terra è un fattore non riproducibile con quantità fissa e con delle qualità variabili, a partire dalla quale l'economia raggiunge 'limiti estensivi' e 'limiti intensivi'. Le terre sono usate in ordine di qualità, iniziando in primo luogo da quelle più produttive ('limiti estensivi'). Tuttavia, e considerando che la produttività marginale della terra è decrescente ($\partial^2 f / \partial N^2 < 0$), un aumento nella produzione richiede l'aumento negli altri fattori produttivi (capitale e lavoro), perfino delle terre di alta qualità, per avere degli incrementi nella produzione ('limiti intensivi'). Anche il lavoro e il capitale avranno rendimenti marginali decrescenti ($\partial^2 f / \partial L^2 < 0$ e $\partial^2 f / \partial K^2 < 0$, rispettivamente); pertanto il rendimento della produzione sarà minore nella misura in cui le terre sono state progressivamente messe a coltivazione (vedasi Figura 7).

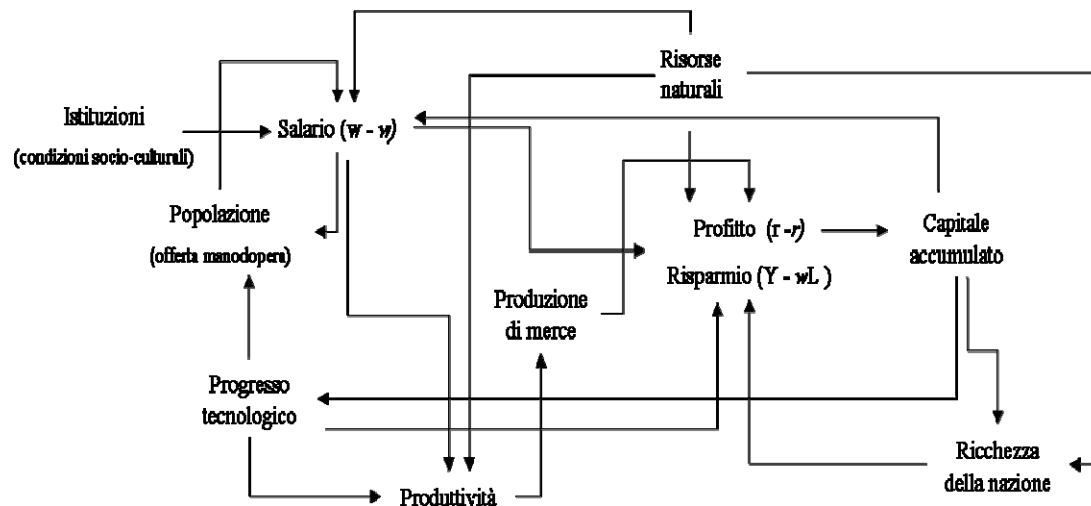


Figura 7: Diagramma causale del modello semplificato di Ricardo, nel diagramma le frecce rappresentano le relazioni funzionali in ogni unità di tempo.⁶⁵ (Fonte: Elaborazione dell'autore)

Tuttavia, la velocità nella diminuzione della produttività — conseguenza delle rendite marginali decrescenti dei fattori produttivi — dipenderà dal tasso d'introduzione delle innovazioni tecniche (per la terra, il lavoro e il capitale, rispettivamente: $\partial^2 f / \partial N^2 = h (\partial S / \partial t, \dots)$, $\partial^2 f / \partial L^2 = z (\partial S / \partial t, \dots)$ e $\partial^2 f / \partial K^2 = g (\partial S / \partial t, \dots)$). Saranno le innovazioni a consentire il progresso tecnologico che, insieme ai rendimenti crescenti di scala ottenuti, permetteranno di superare la tendenza verso rendimenti decrescenti (così $\partial S / \partial t$ è un determinante del grado dei rendimenti decrescenti). Questi rendimenti crescenti saranno possibili soltanto nel settore industriale, giacché secondo Ricardo il tasso di introduzione delle innovazioni non è sufficiente a far diminuire le rendite decrescenti che appaiono nelle terre coltivate, indipendentemente dal fatto che abbiano raggiunto i limiti intensivi o estensivi. Perciò

⁶⁵ Il modello di Ricardo si basa sull'ipotesi dei rendimenti decrescenti dei tre fattori di produzione: capitale, risorse naturali e lavoro. Tuttavia il comportamento storico della produzione di merce avrà rendimenti crescenti dovuti all'effetto del progresso tecnologico (crescita del fondo della conoscenza sociale) ed invece la produttività delle risorse naturali diminuirà attraverso il tempo. Il progresso tecnologico permetterà anche l'incremento della produttività del capitale o tasso di profitto del capitale ($r - r$) e l'aumento della produttività della manodopera. Il progresso tecnologico, infatti, nel modello di Ricardo è ciò che permette di rallentare i rendimenti decrescenti a cui è soggetto il processo economico. La differenza tra il salario di mercato e il salario naturale (variabile nel tempo), cioè $(w - w)$, determinerà la crescita della manodopera disponibile. Il tasso di salario naturale viene determinato dai rendimenti decrescenti dell'agricoltura ed è a sua volta un fenomeno socio-culturale (per questo, secondo Ricardo, la crescita della popolazione può essere regolata dalle istituzioni). Il salario di mercato viene determinato dalla relazione tra offerta e domanda di manodopera e quest'ultima varia proporzionalmente alle variazioni di capitale. L'accumulazione di capitale è determinato, da una parte, dal risparmio $(Y - wL)$ dei lavoratori (reddito netto della popolazione) e da un'altra dal tasso di profitto $(r - r)$. L'accumulazione di capitale ed il progresso tecnologico nel sistema economico ricardiano costituiscono fattori di fondamentale importanza nella determinazione del ritmo della crescita dell'economia, poiché influiscono sulla determinazione dei salari naturali, dei profitti, dei rendimenti decrescenti e dello stato stazionario.

il comportamento storico dei costi reali della produzione, per Ricardo, sarà con rendite crescenti per le manifatture e con rendite decrescenti per l'agricoltura; e il loro effetto si compenserà nel lungo termine: le economie in espansione diminuiranno il loro tasso di crescita e analogamente si abbasseranno le rendite decrescenti nelle economie arretrate (Adelman 1961, pp. 69, 71).

Nel modello Ricardiano il progresso tecnologico è ciò che rallenta gli effetti dei rendimenti decrescenti della produzione, poiché il progresso tecnologico permette di incrementare la produttività marginale del capitale e del lavoro (anche qualora non si producano degli aumenti nello *stock* del capitale esistente), originando in questo modo cambiamenti di tipo quantitativo e cumulativo nel sistema economico e ritardando cambiamenti più profondi nel sistema. Tuttavia, il risultato finale per Ricardo, ovvero lo stato stazionario, verrà alla fin fine raggiunto, anche se questo risultato o stato stazionario possa venire rallentato da nuove scoperte o invenzioni (Baranzini et al. 2001, p. 89). Al contrario nel modello smithiano il progresso tecnologico stimola i cambiamenti nel processo produttivo, come risultato di una maggiore divisione del lavoro (e incentivo dei processi d'apprendimento), perciò favorisce cambiamenti più profondi nel sistema economico. Il cambiamento tecnologico è, infatti, uno dei meccanismi che induce cambiamenti di tipo strutturale.

Le risorse naturali sono costanti ($\partial N / \partial t = 0$). In termini ricardiani sono mezzi di 'produzioni non prodotte' che dipendono dalla dotazione di terre e risorse minerarie di una nazione. L'approccio ricardiano alla demografia è simile a quello smithiano: Smith considera un rapporto proporzionale tra la variazione dell'offerta di lavoro e la differenza tra i salari naturali e quelli di mercato (poiché per Smith il salario di mercato dipende dal confronto fra l'offerta e la domanda di lavoro.); Ricardo invece considera questo rapporto come funzionale ($\partial L_s / \partial t = f(w - w')$). D'altra parte, per Ricardo, il 'salario naturale' è un riflesso dei fenomeni sociali (quali la forza contrattuale delle parti) e della produttività marginale decrescente della terra, cambia pertanto attraverso il tempo. Smith però si riferisce al 'salario di sussistenza' ovvero il salario minimo determinato da quel livello strettamente necessario alla sussistenza (o corrispondente al livello che permette di soddisfare i bisogni vitali) del lavoratore e

della sua famiglia. Sebbene Ricardo mette in relazione il livello dei salari con la necessità fisiologica dei lavoratori (e le loro famiglie) di vivere e riprodursi e in più considera che in ogni particolare stadio della società esiste un salario reale che si può considerare come il prezzo naturale del lavoro, non è strettamente necessario che tale salario sia al livello di sussistenza (Baranzini et al. 2001, p. 87). Infine, il meccanismo che determina il 'salario naturale' è ciò che limita la crescita della popolazione ad un livello massimo ma in corrispondenza con il meccanismo dell'offerta e della domanda di lavoro, ovvero la disparità tra salario di mercato e salario naturale è un meccanismo temporaneo e di natura demografica (indipendente dalla produttività e da altri parametri).⁶⁶

[...] Entrambi gli autori considerano i cambiamenti nei tassi di crescita della popolazione in relazione ai cambiamenti nella domanda che, a loro volta, si relazionano con il tasso di accumulazione del capitale. Addirittura entrambi gli autori mettono in relazione i tassi di crescita della popolazione con la posizione relativa dei salari monetari rispetto ai salari di sussistenza. A differenza di Adam Smith, Ricardo considera che l'ammontare dei salari di sussistenza è variabile, anziché costante. In Ricardo questa dipendenza dei salari naturali dal tasso delle rendite decrescenti della terra e dello schema socio-culturale permette la manipolazione politica del tasso di crescita della popolazione di un'economia. La crescita può essere stimolata attraverso l'introduzione delle innovazioni agricole e attraverso l'importazione di alimentari; o può essere limitata dal cambiamento soggettivo nei livelli minimi di vita, indotti politicamente. Un aspetto interessante dei giudizi di valore su questo punto è l'affermazione di Ricardo che 'gli operai non consumano seta e nemmeno velluto'. (Adelman 1961, pp. 65-6, traduzione dell'autore in italiano)

L'accumulazione di capitale inizia dal risparmio ed esso può partire dall'eccedenza di reddito della società o dalla diminuzione del consumo. L'accumulazione di capitale ha un rapporto positivo con il tasso di profitto ($r-r$) — al contrario di Smith — e con l'eccedenza di produzione ($Y - wL$), dove w è il salario di sussistenza), quindi nell'economia il capitale aumenta con l'aumento del reddito. L'accumulazione di capitale può essere tuttavia annullata da due condizioni dipendenti tra loro:

⁶⁶ Esiste una tendenza che permette che i tassi dei salari di mercato siano uguali ai tassi naturali. Se la domanda eccede l'offerta il salario di mercato aumenta. Salari elevati creano uno stimolo ad aumentare la popolazione, la quale tende a ridurre i salari monetari. Mentre il salario di mercato è superiore al livello di sopravvivenza, l'offerta di lavoro continuerà ad aumentare, obbligando i salari a diminuire fino al livello di sopravvivenza — e viceversa quando i salari di mercato si troveranno al disotto di quello naturale (Adelman 1969, p. 61). In altre parole, quando i capitalisti accumulano capitale, la domanda di lavoro aumenta e il salario di mercato sale al di sopra del suo livello naturale. Ricardo però ritiene che tale situazione non possa essere che temporanea, poiché non appena le condizioni del lavoratore migliorano, le famiglie diventano più numerose e quindi la popolazione aumenta, ciò che porta di nuovo il salario al suo livello naturale iniziale. Questo meccanismo è dunque di natura demografica (Baranzini et al. 2001, p. 87).

[...] un eccedente netto di zero nel livello di sussistenza e un abbassamento del tasso di profitto minimo accettabile [...] entrambi relazionati con la produttività marginale della terra. [...] Non è il pagamento dei salari ciò che determina il profitto; lo è bensì il salario di sussistenza. [...] Ricardo considera la parte dei salari che sta al di sopra del salario di sussistenza come una parte dei profitti, anziché considerarli come salari. (Adelman 1961, pp. 67-8, traduzione dell'autore in italiano).

A lungo termine, se il rapporto tra il capitale e il lavoro si modificasse in proporzioni costanti, il tasso di profitto (r) aumenterebbe o diminuirebbe in funzione dell'aumento o della diminuzione del salario di sussistenza (w). Poiché i rendimenti sono decrescenti, la tendenza naturale del tasso di profitto è però al ribasso e ferma l'accumulazione di capitale, portando quindi l'economia allo 'stato stazionario'.

[...] Periodicamente la tendenza ai rendimenti decrescenti si compensa con l'introduzione di innovazioni tecnologiche. Questo diminuisce la partecipazione dei salari di sussistenza nelle coltivazioni marginali. Il profitto aumenta durante questi periodi. Sebbene, visto che Ricardo credeva che il progresso tecnologico anche era soggetto ai rendimenti decrescenti, la tendenza nel lungo termine dei profitti sarà al ribasso [...] La pressione esercitata per il tasso di profitto in diminuzione sull'accumulazione di capitale si compensa in eccesso per l'effetto ascendente degli elevati eccedenti netti sul livello di sussistenza. Nonostante, nella misura in cui la società cresce, comincia a diminuire la partecipazione dei profitti nel prodotto totale. Infine, nella misura in cui la pressione della popolazione in continua crescita ha bisogno della coltivazione delle terre meno fertili, la parte del prodotto marginale che è assorbita dal salario di sussistenza diventa così elevata che i profitti si approssimano al tasso di guadagno minimo. (Adelman 1961, p. 69, traduzione dell'autore in italiano)

Il tasso di crescita dell'economia, quello previsto da Ricardo per raggiungere lo stato stazionario⁶⁷, è inferiore a quello previsto da Smith: si evolve in modo più lento rispetto a quello previsto da Smith. L'economia nel modello ricardiano si trasforma per raggiungere lo stato stazionario in modo progressivo (ma rallentata dal progresso tecnologico) con una traiettoria — che come in Smith — dipende dalle condizioni iniziali (K_0 , N_0 , L_0), dai parametri di tipo istituzionale e dalle variabili politiche determinate esogenamente ($U(t)$ nel modello smithiano)⁶⁸; tuttavia il modello ricardiano descrive il salario di sussistenza come un fattore storico e sociale che influisce sul processo d'accumulazione di capitale. Nello stato stazionario di Ricardo i

⁶⁷ Nella teoria dello sviluppo economico secondo Ricardo, quando il saggio di profitto è ridotto a zero, i capitalisti non possono accumulare oltre; il processo di sviluppo si arresta e il sistema raggiunge lo stato stazionario. Tecnicamente lo stato stazionario viene raggiunto quando la produttività marginale dell'ultima terra coltivata è appena sufficiente per coprire il salario, infatti lo stato stazionario si raggiungerà prima del punto estremo in cui tutti i profitti sono scomparsi perché, a un certo saggio di minimo di profitto, i capitalisti perdono gli incentivi ad accumulare (Baranzini et al. 2001, p. 89).

⁶⁸ Ricardo include esplicitamente il progresso tecnologico $S(t)$ come determinante della funzione di produzione, giacché l'evoluzione dell'economia dipenderà dal fondo accumulato di conoscenze o dal tasso con cui sono introdotte le innovazioni. Vedasi Adelman (1969, pp. 60, 70).

tassi di guadagno sono eccessivamente bassi per permettere un'accumulazione di capitale, pertanto l'offerta di lavoro diventa nulla e la popolazione e la produzione raggiungono i loro limiti massimi.

Questo approccio, che costituisce il prototipo 'ricardiano' delle teorie della dinamica strutturale, ha trovato una prima espressione compiuta nell'analisi della connessione tra accumulazione di capitale, rendimenti decrescenti e rendita in un sistema economico che metta successivamente a coltura 'terreni' via a via meno fertili [...]. Più in generale, il prototipo ricardiano richiama l'attenzione su situazioni in cui il flusso circolare di produzione e consumo è complicato dalla simultanea attivazione di sub-sistemi di tecniche che costituiscono 'economie circolari' indipendenti fra loro, ma reciprocamente collegate attraverso l'esistenza di limiti superiori ai rispettivi livelli di attivazione (limiti dovuti all'impiego di uno stesso mezzo di produzione non riprodotto, o limitatamente riproducibile, da parte dei diversi sub-sistemi; oppure alla limitata disponibilità di determinate categorie di mezzi di produzione prodotti, come macchine utensili di nuovo tipo, nelle fasi di diffusione del progresso tecnico). (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, p. 24)

I lavori economici classici di Smith e Ricardo forniscono elementi utili per l'analisi della dinamica strutturale; essi propongono due rappresentazioni analitiche del sistema economico fra loro distinte ma complementari, poiché permettono di individuare criteri che possono essere opportuni nella rappresentazione della dinamica economica strutturale. Il contributo di Smith evidenzia una rappresentazione analitica del sistema economico basata sul concetto di 'producibilità pura', Ricardo invece si basa sul concetto della 'scarsità relativa'. Il ruolo della producibilità pura in Smith si rende evidente osservando l'importanza che assegna al lavoro (esercizio della capacità produttiva e organizzazione del lavoro) e nella legge dei rendimenti crescenti della produzione. Smith tuttavia non fa distinzione fra la quantità di lavoro necessaria per produrre una data merce, e i salari effettivamente pagati che costituiscono il prezzo del lavoro. Anche se per Ricardo la produzione è quasi illimitata (e quindi anche considera il concetto di producibilità), la sua teoria del valore-lavoro rappresenta una sorta di critica alla teoria di Smith. Infatti Ricardo sostiene che il modo in cui il valore, una volta formatosi, si distribuisce, non ha nulla a che vedere col modo in cui esso si forma (perché dal momento che il valore di una merce dipende della quantità di lavoro richiesta per la sua produzione, ovvero dipende della difficoltà o le condizioni di produzione, il modo in cui si distribuisce il prodotto non si ripercuote sulle proporzioni dello scambio). In Ricardo il punto di partenza della rappresentazione analitica del sistema economico è il concetto delle proporzioni relative fra processi produttivi, attribuendo importanza centrale alla distribuzione del

prodotto (fra rendite, profitti e salari) secondo la legge generale dei profitti che considera abbiano rendimenti decrescenti (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, pp. 15-7).

Dal punto di vista della dinamica economica strutturale nel modello di Smith il fattore centrale dell'analisi è la dinamica della divisione del lavoro, nel modello di Ricardo il fattore centrale viene invece dato dalla dinamica nell'utilizzazione delle risorse produttive. Nella dinamica strutturale del modello di Smith è centrale 'l'apparato di trasformazione', nel quale sono fondamentali la divisione del lavoro e i processi di apprendimento, mentre nel modello di Ricardo si attribuisce importanza centrale alla struttura intersettoriale del sistema economico ('l'apparato di struttura') in cui, come citato in precedenza, è fondamentale l'individuazione della distribuzione del prodotto fra rendite, profitti e salari.⁶⁹

I modelli di Smith e Ricardo costituiscono, nella prospettiva della dinamica economica strutturale, gli schemi analitici di base dei modelli economici successivi, poiché riproducono i modelli di 'dipendenza sequenziale' (approccio smithiano) e di 'dipendenza simultanea' (approccio ricardiano). Seguendo lo schema presentato nel punto precedente si presentano in maniera riassuntiva alcuni dei modelli che accolgono i metodi di integrazione delle attività (o settori) produttive dei prototipi elementari (prototipo smithiano e prototipo ricardiano).

Tra gli schemi di integrazione orizzontale si distinguono modelli statici e modelli che considerano interdipendenze temporali. Come primo tentativo tra i modelli di flusso-circolare statici si può riconoscere il lavoro di Quesnay (1758), seguito dal modello dell'economia marxista (1885). Il modello di Von Neumann (1932) è anch'esso un modello integrato orizzontalmente e costituisce la prima formulazione matematica di una teoria economica. Il modello di Leontief (1941) è pure considerato in questo gruppo, tuttavia esso è stato successivamente esteso e formulato in termini dinamici.

⁶⁹ "Nel contributo di Ricardo le dinamiche strutturali sono considerate una conseguenza di mutamenti di composizione dell'apparato di struttura, cioè dei mutamenti nelle proporzioni fra industrie, proporzioni da cui derivano, da un lato, le eventuali strozzature nei processi di crescita e, dall'altro, le possibili sinergie fra settori" (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, p. 18).

Quesnay⁷⁰ è il principale rappresentante della fisiocrazia e, come gli altri fisiocratici, ricercava i principi della scienza sociale tentando di adattare un'unità analitica (modello teorico) basata nella realtà francese della seconda metà del secolo XVIII.⁷¹ Il *Tableau économique* (Quesnay 1758) costituisce la concretizzazione di questi tentativi fisiocratici ed è uno schema che concepisce il processo d'interazione tra tre classi sociali⁷² come un flusso circolare di reddito e spese in un periodo di tempo (un anno).

Il *Tableau* originariamente si presentava come una tabella numerica che riproduceva con una forma a *zigzag* dei flussi del reddito aggregato tra le diverse classi socioeconomiche⁷³ (vedasi Figura 8) e permetteva di mettere in rilievo gli effetti delle politiche in Francia, quando le politiche che permettevano di ampliare il flusso circolare erano quelle coerenti con la crescita. Quesnay analizzò gli effetti della politica sulla produttività agricola come fattore centrale nel processo circolare dell'economia, poiché l'industria manifatturiera e dei servizi era considerata sterile, in quanto non diedero un apporto al prodotto netto. Quest'ultimo era l'unica fonte di ricchezza reale secondo la definizione di produzione dei fisiocratici: la produzione è la creazione di un sovrappiù, l'unica capace di generare questo eccedente è l'agricoltura.⁷⁴ Secondo Quesnay un'industria sarà produttiva soltanto se produce più di ciò che consuma.

Questo schema contabile costituisce il primo studio economico dei rapporti intersettoriali basato su un modello orizzontale statico, ma che permette confronti intertemporali. Tale possibilità di confronto intertemporale è equivalente per gli altri

⁷⁰ Lo schema analitico di Quesnay è stato realizzato prima di quello di Ricardo, anche se come è stato detto quest'ultimo (insieme allo schema di Smith) viene preso come modello di base.

⁷¹ La fisiocrazia (gruppo sorto nella metà del secolo XVIII) applicava i principi razionali e per questa ragione affermava che i fatti sociali dipendono da leggi inevitabili a cui gli individui ed i governi dovranno obbedire dopo averle comprese. La fisiocrazia trova le sue basi nella filosofia medievale del diritto naturale (*jus naturae*) e della filosofia di Locke con i diritti individuali e la proprietà privata. Vedasi Montoux (1993, pp. 3-23) per un approfondimento della teoria fisiocratica.

⁷² D'accordo con il *Tableau* la società è divisa in tre classi sociali: la classe proprietaria, la classe produttiva (lavoratori della terra) e la classe sterile (artigiani o manifatturiera); un individuo può appartenere a due classi e ogni classe ha le sue funzioni particolari per l'esistenza della nazione (Monthoux 1993, pp. 11-15).

⁷³ Per una spiegazione più dettagliata sul *Tableau Economique* di Quesnay vedasi Hagemann, et al. (2003, Vol. 1, pp. 29-41). Vedasi anche Monthoux (1993, pp. 3-23).

⁷⁴ Lo stesso Quesnay pochi anni dopo la pubblicazione del suo *tableau* pubblica (in forma anonima) una critica alla sua tesi sulla dipendenza fra benessere e produzione agricola, affermando che invece dipende dalla relazione uomo-natura. Mette inoltre in rilievo la differenza tra produzione e benessere, tra valore e prezzo di mercato. Vedasi Monthoux (1993, pp. 15-9).

modelli di integrazione orizzontale a cui ci si riferirà in seguito. Tanto l'analisi di Quesnay, quanto quella di Ricardo, sono modelli di flusso circolare ed entrambi attribuiscono notevole rilevanza al fattore terra e alla produzione agricola nell'analisi.

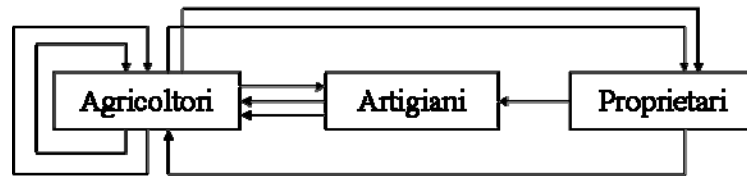


Figura 8: Schema grafico delle nozioni del flusso circolare dell'economia di Quesnay
(Fonte: Ekelund e Hébert 1992, p. 93)

Con un modello di flusso circolare, come il *tableau* di Quesnay, si riconosce lo schema marxista di riproduzione. Entrambi sono basati sulla considerazione delle relazioni intersettoriali in ogni periodo di tempo; tuttavia lo schema di riproduzione di Marx introduce un certo tipo di dinamismo. Lo schema di riproduzione marxista analizza la proporzione di 'plusvalore' ottenuta in un certo periodo di tempo e che verrà usata per rinnovare o ampliare il processo produttivo nel periodo seguente.

Una descrizione del sistema marxista non risulta possibile senza introdurre alcuni termini e definizioni che costituiscono le sue ipotesi di base.⁷⁵ La produzione nel modello marxista è una funzione delle 'relazioni di produzione', oltre che dei fattori produttivi (terra, lavoro e capitale). Le 'relazioni di produzione' si riferiscono all'insieme composto dal metodo di produzione e dalle relazioni sociali derivate dal processo produttivo in un momento storico dato. Per Marx queste 'relazioni di produzione', congiuntamente alle forze produttive, sono ciò che definiscono la 'sovrastruttura'. Il diritto, la filosofia, la morale, l'educazione, la religione sono un riflesso della 'struttura' sociale, ovvero delle forze produttive e delle relazioni di produzione (vedasi Figura 9), come è stato già esposto nei punti precedenti. Quest'idea si sintetizza nella famosa frase del suo *Contributo alla critica dell'economia politica* (1859, p. 1013): "non è la coscienza degli uomini che determina il loro essere, ma è al contrario il loro essere sociale che determina la loro

⁷⁵ Sebbene la teoria marxista del valore-lavoro non sia ritenuta importante per gli scopi di questa ricerca. Il lavoro si considera soltanto come uno dei fattori di produzione chiave per l'analisi.

coscienza.” Il concetto di struttura sociale basato sul processo produttivo costituisce anche la base della sua teoria materialistica della storia. Secondo questa concezione le relazioni di produzione sono formulate con un approccio dialettico; in altre parole sono di natura dinamica e determinano l’evoluzione della società.



Figura 9: ‘piramide sociale’ di Marx, secondo la quale la società ha le sue origini nella produzione economica (Fonte: Ekelund e Hébert 1992, p. 93).

Pertanto la produzione, per Marx, è d’indole storica e sociale e può essere rappresentata come una funzione dei mezzi di produzione classici (terra, lavoro, capitale e tecnologia), ma anche come funzione delle relazioni sociali di produzione⁷⁶: $Y = f(N, L, K, U, S)$ (Adelman 1961, p. 76). Per Marx il prodotto totale dell’economia (Y) genera mezzi di produzione e mezzi di consumo, in cui il capitale utilizzato è composto da tre elementi: capitale variabile (v), capitale costante (c) e plusvalore (p).

Il prodotto totale, quindi anche la produzione totale, della società si suddivide in due grandi sezioni:

I. *Mezzi di Produzione*, merci che possiedono una forma in cui devono, o almeno possono, entrare nel consumo produttivo;

II. *Mezzi di Consumo*, merci che possiedono una forma in cui entrano nel consumo individuale della classe capitalistica e da classe operaia.

In ognuna di queste sezioni tutti i diversi rami di produzione che ad essa appartengono costituiscono un unico grande ramo di produzione; gli uni, quello dei mezzi di produzione; gli altri, quello dei mezzi di consumo. Il capitale totale impiegato in ognuno dei due rami di produzione costituisce una particolare grande sezione del capitale sociale.

In ogni sezione il capitale si suddivide in due elementi:

1. *Capitale variabile*. Considerato secondo il valore, esso è uguale al valore della forza lavoro sociale impiegata in questo ramo di produzione, quindi alla somma dei salari per essa pagati. Considerato secondo la materia, è composto dalla stessa forza lavoro attivata, cioè dal lavoro vivo che questo valore capitale mette in moto.

⁷⁶ Il modo in cui si svolgono i processi produttivi determina l’evoluzione storica, perciò uno studio storico-sociale richiede anche uno studio storico-economico.

2. *Capitale costante*, ovvero il valore di tutti i mezzi di produzione impiegati per la produzione in questo ramo. Essi si suddividono a loro volta in capitale fisso –macchine, strumenti di lavoro, edifici, bestiame da lavoro, ecc.- e capitale costante circolante: materiali di produzione come le materie prime e ausiliare, i semilavorati, ecc.

Il valore del prodotto annuo totale, generato con l'aiuto di questo capitale in ognuna delle due sezioni, si suddivide in una parte di valore che rappresenta il capitale costante c consumato nella produzione e, secondo il suo valore, soltanto trasferito al prodotto e nella parte di valore aggiunto dal lavoro annuo totale. Quest'ultima parte si suddivide a sua volta nella reintegrazione del capitale variabile anticipato v , e nell'eccedenza su di esso, che costituisce il plusvalore p . Come il valore di ogni singola merce, così quello dell'intero prodotto annuo di ogni sezione si suddivide dunque in $c + v + p$. (Marx 1980, 1a ed. 1885, Vol. 2, p. 478).

Seguendo lo schema analitico proposto da Adelman (1961, pp. 85-7) per rappresentare il modello marxista, la produzione in un determinato tempo t si definisce come $Y = (q_1 + q_2)L + kK + nN$, dove q_1L rappresenta il capitale variabile v , q_2L il plusvalore p , e $(kK + nN)$ il capitale costante ($kK + nN = k'K'$). I coefficienti q_1, q_2, k e n variano al trascorrere del tempo, perché questi coefficienti dipendono dalle relazioni sociali di produzione (cioè $q_1 = q_1(S)$, $q_2 = q_2(S)$ e $k' = k'(S)$). In tal modo il tasso d'espansione nel tempo della produzione sarà una funzione delle relazioni sociali di produzione e dei cambiamenti tecnici. Quest'ultimo fattore viene determinato dal tasso d'accumulazione di capitale; in altre parole il tasso delle innovazioni viene regolato dall'addizione di capitale nell'economia.⁷⁷ Questi cambiamenti tecnici sono rappresentati dai cambiamenti nei coefficienti di produzione e modificano la distribuzione della forza lavorativa, visto che con il passare del tempo l'uso di capitale si intensifica nella produzione. Marx utilizza un indice c/v per indicare l'evoluzione delle tecniche lavorative attraverso il tempo. Questo indice c/v è stato chiamato 'composizione organica del capitale',⁷⁸ e misura la proporzione di capitale e di materie prime utilizzate per ogni lavoratore. La composizione organica del capitale ha tendenza ad aumentare nel tempo, come risultato dell'aumento nella produttività del lavoro: aumenti nella produttività implicano aumenti nella produzione per lavoratore, dovuti all'aumento dei mezzi di produzione che questo impiega, in altre parole implica un aumento nella proporzione di capitale per lavoratore. Vale a dire che incrementi nella composizione organica del capitale indicano la diminuzione della quantità di lavoro rispetto ai mezzi produttivi

⁷⁷ Come nel modello smithiano e ricardiano, nel modello marxista la formazione di capitale è ciò che permette miglioramenti tecnici nella produzione.

⁷⁸ Vedasi Marx (1974, 1a ed. 1867, Vol. 1), in particolare il Capitolo XIII: *La legge generale dell'accumulazione capitalistica, per una spiegazione sulla composizione del capitale*.

usati. Di conseguenza la composizione organica del capitale dipende dal cambiamento tecnologico che a sua volta dipende dal tasso di formazione di capitale nell'economia. Pertanto quando si introducono nuove macchine o si rimpiazzano quelle già esistenti si produce un cambiamento nella proporzione capitale-lavoro a causa della redistribuzione del lavoro – cioè le nuove tecniche tendono ad intensificare l'uso di capitale — e l'aumento della produttività.

Il rapporto tra il cambiamento tecnico e la produttività nella teoria marxista trova analogie con alcuni dei postulati del modello di Smith, poiché entrambi ritengono che i cambiamenti nella produttività siano conseguenza del cambiamento tecnologico. Tuttavia il fattore di collegamento tra la tecnica e la produttività è diverso: Smith, come visto in precedenza, considera aumenti della divisione del lavoro, per contro Marx nella composizione organica del capitale (vedasi figura 10). La crescente produttività del lavoro in Smith è vincolata alla specializzazione concessa dal cambiamento tecnologico, mentre in Marx gli aumenti di produttività sono possibili grazie alla diminuzione della proporzione del lavoro rispetto ai mezzi di produzione, cioè un aumento del c/v .

La teoria marxista è formata da tanti altri concetti che permettono di definire il suo modello economico-sociale (oltre che riferirlo all'ideologia politico sociale), quali la concezione di merce, del denaro, il processo di scambio, la trasformazione del denaro in capitale, il plusvalore, il lavoro, ecc. Tuttavia questi concetti non saranno discussi nel presente lavoro, ma verrà analizzata la teoria d'accumulazione di capitale, nella quale si distingue uno schema di integrazione circolare.

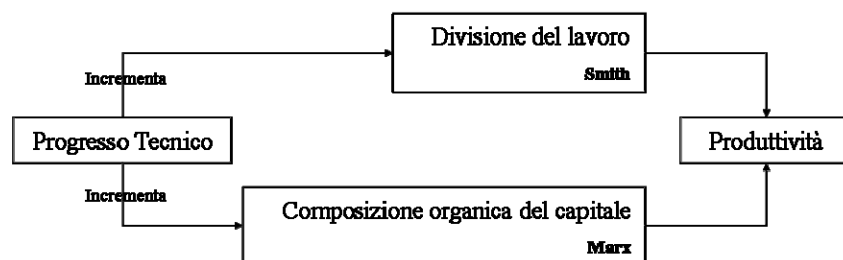


Figura 10: Effetto del progresso tecnologico sulla produttività secondo il modello smithiano e il modello marxista dell'economia. (Fonte: Elaborazione dell'autore)

L'accumulazione del capitale è l'incremento dello stesso, che dipende dal plusvalore, da un periodo all'altro. Secondo Marx (1974, 1a ed. 1867, Vol. 1, p. 727), per una data somma di capitale c spesa in mezzi di produzione (parte del valore trasformata in capitale costante) e per una data somma v spesa in forza di lavoro (parte trasformata in capitale variabile), il volume di capitale accumulato dipende dal valore assoluto del plusvalore p . Il concetto di 'riproduzione' introdotto da Marx si riferisce al processo di reintegrazione dell'attività produttiva da un periodo all'altro e questo processo è strettamente collegato a quello di accumulazione di capitale. La 'riproduzione' è il processo di restituzione degli elementi essenziali per la produzione e può essere semplice o allargata.⁷⁹ Quando si mantengono le stesse grandezze nella produzione da un periodo a quello successivo la riproduzione è di tipo semplice; quando la produzione si incrementa da un periodo all'altro, essa è allargata.⁸⁰ Il carattere reintegrativo o ripetitivo della produzione è precisamente ciò che definisce la concezione marxista del processo di produzione come un modello di flusso circolare, come si può individuare in alcuni passaggi, tra i quali:

La conversione di una somma di denaro in mezzi di produzione e in forza di lavoro è il primo movimento compiuto dalla quantità di valore che deve funzionare come capitale e ha luogo sul mercato, nella sfera della circolazione. La seconda fase del movimento, il processo di produzione, è conclusa non appena i mezzi di produzione sono trasformati in merci il cui valore superi quello delle loro parti componenti, e che perciò contengano il capitale originariamente anticipato più un plusvalore. Queste merci debbono ora essere nuovamente gettate nella sfera della circolazione: si tratta di venderle, di realizzare in denaro il valore, di riconvertire questo denaro in capitale e via di seguito. Questo movimento circolare, che attraversa sempre le identiche fasi successive, costituisce la circolazione del capitale. (1974, 1a ed. 1867, Vol. 1, p. 725).

Qualunque forma sociale abbia, il processo di produzione deve essere continuo, cioè ripercorrere periodicamente sempre gli stessi stadi. Una società non può cessare di produrre, più che non possa cessare di consumare. Considerato in un nesso continuo, e nel flusso costante del suo rinnovarsi, ogni processo sociale di produzione è quindi, nello stesso tempo, processo di *riproduzione*.

⁷⁹ Nel passaggio dal libro I al libro II il problema della riproduzione semplice passa ad essere analizzato da un punto di vista sociale e non più individuale. Inoltre nel libro II si abbandona l'analisi della riproduzione semplice e si adatta al modo di produzione capitalistico dell'intero processo di produzione con un modello di riproduzione allargata.

⁸⁰ Nel libro I (Vol. 1) del Capitale si svolge il tema dell'accumulazione del capitale in termini del capitalista individuale, invece nel libro II (Vol. 2) del Capitale si monetizza il capitale merce e si monetizza anche il plusprodotto in cui si rappresenta il plusvalore. Vedasi Marx (1980, 1a ed. 1885, Vol. 2), in particolare il Capitolo XXI: *Accumulazione e Riproduzione Allargata*. Così per esempio, il ciclo $D-M \dots P \dots M'-D'$, dove $D-M$ è la conversione di una somma di denaro in una somma di merci, nella quale M è l'insieme di lavoro e mezzi di produzione, e dove $M'-D'$ sono un M e un D maggiorati da plusvalore - e $P \dots M'-D'-M \dots P$ sono il punto di partenza e di arrivo del movimento di capitale; la maniera in cui è usato questo capitale determinerà la reintegrazione del valore o l'allargamento di esso.

Le condizioni della produzione sono, insieme, anche le condizioni della riproduzione. Nessuna società può produrre in modo continuativo, cioè riprodurre, senza convertire costantemente una parte dei suoi prodotti in mezzi di produzione, ossia in elementi della produzione nuova.

[...] Come *incremento periodico del valore capitale*, ossia come frutto periodico del capitale in processo, plusvalore prende la forma di un reddito nascente dal capitale. Se questo reddito serve al capitalista soltanto come fondo di consumo, cioè se viene periodicamente consumato come è periodicamente ottenuto, si ha, *coeteris paribus*, *riproduzione semplice*' (Marx 1974, 1a ed. 1867, Vol.1, pp. 727-8).

Per Marx nel modello di riproduzione semplice la supposizione implicita è l'utilizzo del plusvalore nell'acquisto di beni di consumo, ossia l'utilizzo improduttivo della totalità del plusvalore (il risparmio e l'investimento sono gli usi produttivi del plusvalore). Questa supposizione è incoerente con la logica marxista del capitalista, poiché i capitalisti si muovono in funzione del tasso di profitto, ma soprattutto del desiderio di accumulazione, utilizzano una parte del plusvalore di maniera produttiva (investendo e risparmiando) e un'altra parte in maniera improduttiva, consumando. Marx descrisse il processo circolare Denaro–Mercede–Denaro ($D - M - D$), più precisamente nell'economia capitalistica come Denaro–Mercede–Più_Denaro ($D - M - D'$), dove D' rappresenta la base della riproduzione. La riproduzione, secondo la tendenza della società capitalistica all'espansione economica e alla crescita, dovrà ampliare il valore e i benefici del circolo $D - M - D$. Ciò spiega che il sistema economico 'capitalista' sia dinamico ed espansivo. Lo schema di rappresentazione della riproduzione allargata del capitale presenta in maniera alternativa la relazione fra capitale costante e variabile, nella quale è permessa l'accumulazione di capitale attraverso la tesaurizzazione e l'accumulazione di capitale costante addizionale. Lo scopo ultimo di questo modello di riproduzione allargata (del capitale sociale) consiste nella determinazione della struttura materiale che deve avere il sistema produttivo di un'economia per poter operare in condizione di produzione allargata equilibrata, tanto nel capitale come nella produzione. Questa operazione permetterebbe di stabilire la norma per la crescita in equilibrio dell'economia in ogni periodo.⁸¹

⁸¹ Per una rappresentazione schematica dell'accumulazione e del processo di riproduzione allargata vedasi Marx (1980, 1a ed. 1885, Vol. 2, pp. 604–23).

3.3.I modelli multisettoriali

Un modello di riferimento (oltre agli schemi analitici di Quesnay e Marx) con una rappresentazione circolare delle relazioni intersettoriali è il modello di von Neumann (1937), il quale dal punto di vista settoriale amplifica il modello elementare marxista (vedasi Sezione 3.2) di due settori in uno schema multisettoriale. Von Neumann considera n beni (G_1, \dots, G_n) prodotti in m processi produttivi (P_1, \dots, P_n) con rendimenti costanti di scala in un sistema di equazioni che costituisce il suo modello economico di equilibrio generale.⁸²

In tutta la storia della scienza economica il modello di Von Neumann costituisce la prima formulazione matematica di una teoria economica nella quale il tasso periodale di crescita del sistema è una grandezza endogena, direttamente determinata dalla scelta e dall'intensità di attivazione delle tecnologie esistenti.

Nessun economista prima di Von Neumann era stato sufficientemente «audace», o forse padrone degli strumenti matematici adatti, da avanzare una teoria centrata sulla determinazione di crescita globale di un'economia. (Nicola in Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, p. 61)

Il carattere circolare del modello di von Neumann si distingue per le proprietà del sistema di equazioni del modello, poiché gli n beni (G_1, \dots, G_n) sono prodotti da altri beni e non soltanto dai 'fattori naturali di produzione'. In altre parole il processo di produzione è circolare perché il bene G_1 richiede il contributo del bene G_2 e il G_2 quello del bene G_1 . Questi n beni possono essere prodotti da m tecniche diverse (dove la situazione nella quale $m > n$ è possibile), così non esiste un numero fisso di equazioni nel sistema e il problema consiste nel determinare quali processi produttivi sono usati in un dato momento nel tempo⁸³ (von Neumann 1945, p. 2).

Oltre alle ipotesi precedenti, von Neumann assume (1945, p. 2) l'economia come isolata, in cui tutti i beni non producibili — includendo il lavoro — esistono in

⁸² Il famoso lavoro di J.V. Neumann del 1937 *A Model of General Equilibrium*, fu inizialmente scritto in tedesco con il titolo di Über ein ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes per il 'Vienna Colloquium' (edito nel 1938 da K. Menger) ed è stato influenzato dai lavori di Wicksell e Cassel sui modelli d'equilibrio equiproporzionale. Questo lavoro di J.V. Neumann è stato tradotto in inglese per G. Morgenstern nel 1945.

⁸³ I processi produttivi che in quel momento non si usano sono considerati infruttuosi.

quantità illimitata per ogni periodo⁸⁴. Egli considera inoltre gli aumenti di capitale — fisso e circolante — come l'introduzione di nuovi beni, prodotti in processi produttivi diversi (P_i). Le precedenti supposizioni permettono di descrivere ogni processo produttivo $P_i (i=1,...,m)$, in cui le quantità di a_{ij} sono utilizzate nella produzione di certe quantità di b_{ij} da un rispettivo bene $G_j (j=1,...,n)$, rappresentato nella relazione $P_i : \sum_{j=1}^n a_{ij} G_j \rightarrow \sum_{j=1}^n b_{ij} G_j$. Per questo un processo produttivo corrisponde al caso particolare in cui un bene è prodotto dal collegamento di altri prodotti.

Il modello di von Neumann determina in ogni periodo di tempo: (i) l'intensità con la quale un processo sarà eseguito (rappresentato da un vettore x con la scala d'attivazione dei processi produttivi); (ii) il tasso di crescita periodale del sistema economico (scalare positivo α , uguale per tutte le soluzioni del sistema); (iii) i prezzi dei beni; e (iv) il tasso di interesse periodale (dato uno scalare positivo β , identico per tutte le soluzioni del sistema). L'esistenza di una soluzione verrà dimostrata, a condizione che la crescita sia uguale al coefficiente d'interesse ($\alpha = \beta > 0$).⁸⁵

Il modello di von Neumann non si interessa dei cambiamenti strutturali (come egli stesso evidenzia nella seconda pagina di *A Model of General Economic Equilibrium*), bensì sottolinea l'interesse nelle situazioni in cui i rapporti tra i tassi di intensità ($x_1, ..., x_m$) rimangono invariati (anche se i singoli tassi possono variare). Questi tassi sono moltiplicati in ogni periodo di tempo per un fattore comune di crescita, il quale costituisce il coefficiente di crescita dell'economia. In tal modo il modello di von Neumann permette solamente di rappresentare cambiamenti dovuti all'introduzione di nuovi beni e all'introduzione di nuovi processi produttivi ipotizzando l'espansione uniforme di tutti i settori del sistema economico. Proprio per questo Pasinetti scrive riguardo il modello di von Neumann che:

⁸⁴ Il modello di von Neumann è di natura statica. Von Neuman (1945, p. 2) considera un'unità di tempo come durata per ogni processo produttivo nel quale si trova la soluzione del sistema. Un processo di durata più lunga all'unità dovrà essere diviso in processi di durata unitaria, con la possibilità di introdurre prodotti intermedi.

⁸⁵ Un riassunto del modello di von Neumann può trovarsi in Kurz e Salvadori (1993): *Von Neumann's growth model and the 'classical' tradition*.

Questo modello è, da un punto di vista strettamente analitico e matematico, generalmente considerato come il più elegante e raffinato di tutti i modelli di crescita economica che siano stati presentati fino ad ora. Ma è stato concepito con la supposizione estremamente restrittiva che la struttura del sistema economico rimanga assolutamente costante per tutto il tempo: per tutto il passato e per tutto il futuro. Il modello di von Neumann incorpora un tipo di dinamica di lungo periodo che si chiamerà «dinamica proporzionale»; una dinamica secondo la quale tutti i settori si espandono indefinitamente nel tempo mantenendo però esattamente la stessa proporzione tra di loro. (Pasinetti 1993, p. 24)

Un altro modello di integrazione orizzontale è quello di Leontief, che a sua volta è uno dei modelli economici più importanti. In questo modello la circolarità si rappresenta attraverso il rapporto tra i settori che partecipano all'attività totale produttiva di un'economia (compreso il consumo finale e il valore aggiunto). Questi rapporti interindustriali permettono di analizzare le interdipendenze settoriali, le quali permettono anche di prevedere i cambiamenti nella domanda dei settori (o industrie) e le conseguenze delle variazioni sui fattori costitutivi del valore aggiunto della produzione.

Il modello di Leontief accetta l'approssimazione walrasiana dei coefficienti fissi con equazioni di produzione lineari, sebbene lo semplifichi. Esso esclude le equazioni dell'offerta dei fattori primari (beni non prodotti) e quelle della domanda dei beni e servizi finali, riducendo inoltre il numero di settori attraverso delle aggregazioni. In altre parole il modello di Leontief riduce a un numero finito il numero infinito di settori del modello di Walras. Perciò con il modello *input-output* di Leontief si rende operativa l'idea di Cassel e si rende statisticamente stimabile il modello walrasiano⁸⁶ (Costa e Marangoni 1995, p. 7).

L'analisi *input-output* può essere vista come un'applicazione empirica della teoria economica dell'equilibrio generale che rende possibile un'analisi quantitativa di un'intera economia nazionale. La teoria dell'equilibrio generale è stata convalidata

⁸⁶ Leon Walras costruì il prototipo dei modelli matematici d'equilibrio economico generale. Gustav Cassel estese e migliorò tale modello (nel quale la produzione è rappresentata da un numero illimitato di settori o mercati), in virtù del fatto che introdusse l'idea di derivare le funzioni di domanda ed offerta del modello di equilibrio generale dall'osservazione empirica, anziché deduttivamente dal principio di massimizzazione dell'utilità. Cassel, nella sua opera *Theory of Social Economy* (1918), ripropone la funzionalità della teoria walrasiana, anche se il sistema walrasiano, considerato desueto, era stato rimpiazzato dal sistema paretiano. Il modello Walras-Cassel dimostra come la domanda dei fattori può essere derivata come una domanda indiretta di beni. Le teorie di Cassel includono anche l'analisi sui cicli economici, i quali, secondo Loewe (in Kuznets 1930, p. 388), sono stati teorizzati come un sistema circolare in cui da una situazione di depressione (o prosperità) si raggiunge una successiva fase del ciclo economico.

attraverso un insieme di dati empirici che rappresentano il sistema delle interdipendenze industriali. Le relazioni intersettoriali descrivono il bilancio tra i vari settori dell'economia nazionale in termini di *output* (offerta di beni all'economia) e *input* (domanda di fattori produttivi) per ogni tipo di bene e servizio (relazioni esterne). Inoltre, le relazioni intersettoriali riflettono la struttura interna di ogni singolo settore dell'economia (relazioni interne). Le relazioni tra le quantità di *input* impiegati e la quantità di prodotto ottenuta in un processo sono ciò che rappresenta la struttura economica per Leontief (Leontief 1949a, p. 212).

Il metodo d'associazione delle interdipendenze industriali in una matrice permette di accostare gli aspetti dell'analisi dell'equilibrio generale e preservare la classificazione differenziata delle componenti dell'economia.⁸⁷ L'analisi dell'equilibrio parziale (in particolare quello marshalliano) studia le operazioni svolte da un solo settore (industria o impresa) dell'economia. Questo studio si rende possibile solamente all'interno di un insieme di assunzioni e semplificazioni *caeteris paribus*, secondo le quali i rapporti del settore con il resto dell'economia sono dati. Al contrario, e come afferma Leontief (1949a, p. 213), l'analisi *input-output* studia le interdipendenze tra i settori dell'economia enfatizzando le relazioni con l'esterno e le semplificazioni si fanno piuttosto all'interno dei settori (struttura di costi o degli *output* per un settore individuale).

Il modello *input-output* di Leontief, nella sua formulazione più semplice, si presenta come un modello statico e aperto.⁸⁸ Il modello si dice aperto perché l'offerta delle risorse primarie e i componenti della domanda finale (consumo delle famiglie ed esportazioni) rimangono determinate esogenamente. Dato che questo modello si limita a considerare la rete delle interdipendenze del sistema economico uniperiodalmente, l'analisi *input-output* non accenna espressamente alle relazioni temporali legate al fenomeno dell'accumulazione (Costa e Marangoni 1995, p. 17). Per questo la maggior parte delle elaborazioni e delle applicazioni dell'analisi *input-*

⁸⁷ La difficoltà relativa all'analisi empirica dell'equilibrio generale porta all'aggregazione in cui si trovano implicite le parti componenti del sistema economico e dove si usano misure 'medie' molto generali (Leontief 1949b, pp. 273-4).

⁸⁸ La chiusura del modello di Leontief può essere definita come di carattere contabile, in cui la domanda finale e il valore aggiunto vengono trattati come fossero un'industria qualsiasi (Costa e Marangoni 1995, p. 148).

output sono di tipo statico, più precisamente sono delle analisi statico comparative. Tuttavia, anche se il modello di Leontief descrive la struttura economica (insieme di coefficienti) in maniera statica o uniperiodale, questo modello diventa uno *standard* per la contabilità nazionale e permette di rappresentare in maniera disaggregata i settori (o industrie) dell'intero sistema economico.

La descrizione di un'economia nazionale attraverso lo schema di Leontief richiede la raccolta dei dati dalla tabella *input-output*. La tabella di *input-output* contiene il valore della produzione di ogni settore e la quantità della produzione che è usata come *input* da ognuno degli altri settori. Per un'economia composta da n settori produttivi (industrie) x_i indica la produzione lorda del settore i (ossia il totale di *output* del settore i , $p_i \sum_{j=1}^n x_{ij}$), x_{ij} indica la produzione del settore i usata come *input* del settore j (o in maniera analoga la produzione del settore j che rappresenta l'*output* venduto al settore i), d_i rappresenta la produzione del settore i destinata al consumo o domanda finale (*d.f.*) e V_i rappresenta il valore aggiunto per ogni settore i (valore *input* primari). Se p_i è il prezzo di un'unità di *output* del settore i , allora la tabella dei flussi interindustriali in termini di valore sarebbe quella mostrata nella Tabella 2, nella quale la produzione lorda o totale (*p.t.*) per ogni industria è identicamente uguale alla somma del valore degli impieghi intermedi e degli impieghi finali ($p_i x_i$).

A partire dalla tavola di *input-output* si deriva il seguente sistema di equazioni ('equazioni di prezzo'): $p_i x_i \equiv p_1 x_{1i} + p_2 x_{2i} + \dots + p_n x_{ni} + V_i$.⁸⁹ Nel modello esiste tuttavia un altro gruppo di equazioni descrivente le relazioni tecniche tra i settori, ovvero tra gli *output* fisici di un settore e tutti gli *input* assorbiti da quel settore durante il processo produttivo: $x_{ij} = a_{ij} x_j$. In quest'ultima equazione a_{ij} rappresenta la quantità della merce i acquistata (o venduta) dal settore j per produrre un'unità di

⁸⁹ L'insieme di identità per il modello delle quantità ('equazioni del bilancio materiale') sono equivalenti alle equazioni dei prezzi, però le corrispondenze del sistema si rappresentano in termini di unità fisiche prodotte e non in termini di valore della produzione. Vedasi Costa e Marangoni (1995, pp. 17-24).

merce tipo j ; a_{ij} è chiamato coefficiente di produzione o coefficiente tecnico.⁹⁰ Nel sistema di equazioni la domanda finale è determinata esogenamente, ed è associata al settore aperto (cioè all'offerta di risorse primarie, alla domanda finale, al consumo delle famiglie e alle esportazioni). La soluzione del modello di Leontief, usando la notazione matriciale, è data da: $p = pA + v$, dove P è il vettore ($n \times 1$) dell'*output*, A è la matrice ($n \times n$) dei coefficienti di produzione e v è il vettore ($n \times 1$) dei coefficienti del valore aggiunto per unità di *input* ($V_j / x_j = v_j$). Se il vettore del valore aggiunto v è conosciuto, il sistema di equazioni che si ottiene sostituendo i coefficienti tecnici nel sistema $p_i \equiv p_1 a_{1i} + p_2 a_{2i} + \dots + p_n a_{ni} + v_i$ si presenta come un sistema lineare di n equazioni in n incognite, la cui soluzione è: $p = v(I - A)^{-1}$ — sempre qualora il determinante $(I - A)$ sia diverso di zero — (Costa e Marangoni 1995, pp. 20-6). Riassumendo, questo sistema calcola il prezzo e il livello di produzione d'equilibrio per ogni settore⁹¹, la domanda intermedia dei settori che compongono l'economia e la domanda finale di ogni settore è soddisfatta a questo livello.

settore	1	2	...	n	$d.f$	$p.t$
1	$p_1 x_{11}$	$p_1 x_{12}$	...	$p_1 x_{1n}$	$p_1 d_1$	$p_1 x_1$
2	$p_2 x_{21}$	$p_2 x_{22}$	...	$p_2 x_{2n}$	$p_2 d_2$	$p_2 x_2$
M	M	M	O	M	M	M
n	$p_n x_{n1}$	$p_n x_{n2}$	...	$p_n x_{nn}$	$p_n d_n$	$p_n x_n$
$v.a$	V_1	V_2	...	V_n		
$p.t$	$p_1 x_1$	$p_2 x_2$	...	$p_n x_n$		

Tabella 2: Tavola *input-output* prezzi per quantità (Fonte: Marangoni & Costa 1995, p. 19)

Le caratteristiche strutturali del sistema economico in ogni periodo di tempo possono essere descritte a partire dai rapporti *input-output*, permettendo di valutare quantitativamente (sempre che si consideri il sistema economico come un sistema aperto) l'applicazione di politiche alternative secondo l'allocazione delle risorse primarie, delle spese di governo, ecc. La logica di questo procedimento è

⁹⁰ I coefficienti tecnici sono un rapporto costante sugli *input* (coefficienti di produzione) che permettono di studiare i rapporti tra le diverse industrie che compongono un'economia ed applicare la teoria dell'equilibrio generale. Questi coefficienti si ottengono direttamente dalla tabella *input-output*, dividendo tutte le entrate di una riga degli *input* con il totale di output dell'industria che corrisponde a quella riga. Ogni particolare coefficiente definisce la quantità di *input* che deve essere assorbita dall'industria per unità di output finito.

⁹¹ La produzione d'equilibrio è data dalla soluzione del sistema: $x = (I - A)^{-1} d$.

sostanzialmente uguale al modello del moltiplicatore keynesiano (Leontief 1949b, p. 274).

Leontief considera che la struttura (tecnologie, risorse primarie, consumo) può essere riprodotta attraverso i dati o le fonti economiche ordinate contabilmente nelle tabelle *input-output* e attraverso i rapporti interindustriali rappresentati dai coefficienti tecnici (*input-output ratios*). Le caratteristiche del sistema sono descritte nei termini dei coefficienti tecnici, infatti è possibile ricostruire, in termini relativi, le quantità di *input* e *output*. Secondo Leontief (1949, p. 214) attraverso i coefficienti tecnici si può costruire, anche se non in termini assoluti, un modello in scala del sistema reale. Tuttavia questa considerazione sull'analisi empirica basata sul presupposto di coefficienti fissi riguarda soltanto i casi in cui l'economia non subisce cambiamenti di tipo strutturale.

Come esempio dei modelli dinamici di interdipendenze settoriali orizzontali (cioè inseriti in una struttura temporale) si considera il modello di Goodwin (*The Multiplier as Matrix*, 1949). Esso unisce il modello del moltiplicatore keynesiano con il modello delle interdipendenze settoriali di Leontief. Il modello keynesiano considera l'economia a livello complessivo, permettendo di esaminare le relazioni industriali in un sistema economico chiuso, e inoltre di studiare il distribuirsi del reddito a corto termine⁹² (moltiplicatore del reddito).

Il modello di Goodwin è espresso attraverso una matrice contenente le propensioni al consumo di tutte le industrie dell'economia (moltiplicatore keynesiano); è quindi una matrice con n moltiplicatori settoriali indipendenti, avente la stessa forma (e semplicità) dei moltiplicatori keynesiani. Per di più, la generalizzazione realizzata da Goodwin include un'analisi dinamica⁹³ dei moltiplicatori dovuta all'introduzione del ritardo dei pagamenti (*lags*), ossia il ritardo nella percezione del reddito, del consumo, oppure delle spese, come nel caso delle industrie (Goodwin 1949, pp. 545-52). Il modello dinamico della matrice dei

⁹² Vedasi anche Goodwin, in Hagemann, Landesmann e Scazzieri (2003, pp. 402-3) come ulteriore esempio delle formulazioni dinamiche dei modelli di integrazione orizzontale.

⁹³ Nell'analisi keynesiana il moltiplicatore è un indicatore statico; dinamico è il meccanismo dell'acceleratore.

moltiplicatori considera i ritardi nel flusso della circolazione del denaro attraverso i diversi settori, con cui si avverte la natura e la portata di questi ritardi nella spesa dei redditi nel sistema economico. Attraverso la sua descrizione matematica, Goodwin prova l'esistenza di ritardi di diverso tipo, secondo la loro durata e le frazioni in cui si ripartisce la spesa (consumo). Usando parole di Goodwin (1949, p. 553), se si seguisse il percorso di un dollaro messo in circolazione nell'economia, si troverebbero nei periodi successivi delle frazioni di esso come reddito (in cui la frazione dipenderà dalla struttura dei pagamenti dell'industria). Inoltre una parte del suddetto dollaro potrà anche andarsene in altre industrie, nelle quali si ripeterà il processo e così via *ad infinitum*. Inoltre Goodwin (1949, p. 555) esamina il problema in un modello globale, ma considera un solo ritardo distribuito (*distributed lag*) e giunge alla conclusione, usando una funzione di consumo che include il ritardo complessivo o distribuito, che il consumo presente dipende dal reddito passato.

3.4.L'analisi dei sub-sistemi e l'integrazione verticale dei processi produttivi

Il procedimento di integrazione verticale consente di trascurare caratteristiche fisiche nello studio della dinamica strutturale (ossia l'apparato di struttura o le relazioni di dipendenza circolare) per concentrare l'attenzione sulle relazioni 'macroeconomiche' fra la capacità produttiva di un sistema economico e i beni finali prodotti in tale sistema. Questo metodo di integrazione è usato nei lavori di Hicks (1973) e Pasinetti (1988,1993), anche se nei contributi di quest'ultimo si richiama l'attenzione su aspetti diversi da quelli usuali dei procedimenti di integrazione verticale dei processi produttivi (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, p. 23).

Il metodo di integrazione verticale usato da Hicks è stato da lui definito come il metodo 'neo-austriaco', date le differenze con i metodi tradizionali della scuola austriaca.⁹⁴ Inoltre Hicks stesso riconosce (1973, p. 6) che il suo metodo si trova all'opposto di quello usato da von Neumann: il modello di quest'ultimo rappresenta il mercato nella sua totalità e scompone in maniera minuziosa il sistema in ogni

⁹⁴ In particolare con le teorie da Böhm-Bawerk, Wicksell e Hayek. Vedasi Hicks (1973, pp. 6-10).

periodo.⁹⁵ Al contrario, il modello di Hicks non considera la produzione dei beni intermedi, non l'interno del processo produttivo quindi, e prende in considerazione solamente il processo produttivo nel suo complesso, nel tempo. Per di più il modello di Hicks cerca di esaminare il passaggio di uno stato fisso del sistema (*steady state*) ad uno stato successivo adattato a nuove condizioni, le quali sono ciò che si vuole determinare con il modello. Il modello hicksiano presuppone che nello stato iniziale coesistano processi che utilizzino diversi tipi di tecnologie e l'analisi si concentra nella determinazione dei cambiamenti che subisce il sistema quando è sottoposto a certi tipi di perturbazione. Per questa ragione, Hicks (1973, pp. 11, 81) propone 'l'analisi trasversale' (*traverse analysis*): l'analisi del sistema attraverso un metodo di integrazione verticale e trasversale, con un interesse particolare allo studio trasversale dei sistemi produttivi da una posizione stabile ad un'altra vincolata attraverso il tempo. Infatti, Zamagni (1984, pp. 135-40) riconvoca l'importanza dell'analisi trasversale ed espone le potenzialità dell'analisi Hicksiana come metodo d'analisi dinamica, in particolare per lo studio del passaggio da uno stato stazionario (*steady state*) ad un altro.

L'apparato di trasformazione⁹⁶ fornisce le basi per uno schema descrittivo semplificato che permette di analizzare il cambiamento strutturale di sistemi produttivi nei quali si mantiene l'identità attraverso il tempo delle relazioni di carattere fondamentale. Hicks in un *addendum* a *Capitale e tempo* (1977) sottolinea l'utilità degli schemi analitici fondati sull'apparato di trasformazione nello studio delle innovazioni. Le innovazioni permettono l'introduzione di nuovi beni di capitale, di macchinari e di beni intermedi. Queste, nel modello, non sono considerate in termini fisici (dato che non c'è modo di stabilire le relazioni fisiche delle richieste tra le diverse tecniche), ma sono importanti solamente dal punto di vista dei costi (valore) e della loro capacità di produzione di beni finali (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, pp. 22-3).

⁹⁵ Nel modello di von Neumann la grandezza dei periodi cambia in maniera arbitraria.

⁹⁶ Quadrio-Curzio e Scazzieri considerano come apparato di trasformazione tutto ciò che contempla l'analisi di integrazione verticale; e come apparato di struttura tutto ciò che contempla l'analisi di integrazione orizzontale (Quadrio-Curzio e Scazzieri 1990, pp. 22-3).

L'analisi trasversale è basata sulla considerazione di un'economia che si trova in uno stato stazionario e utilizza una specifica tecnica 'antica', in cui un'invenzione nel tempo iniziale (tempo 0) si considera come una tecnica 'nuova'. Tra le nuove tecniche che sono disponibili ne esiste soltanto una che al tasso di salario iniziale risulta la più vantaggiosa; ed è quindi adottata dai processi intrapresi nel tempo iniziale (o immediatamente dopo il tempo 0). La nuova tecnica sarà adottata dai processi produttivi che iniziano in quel momento, ma i processi già avviati continueranno a usare le tecniche obsolete fintanto che il loro utilizzo sarà vantaggioso (redditizio). Il tasso di salario cambierà nel corso degli adattamenti successivi e conseguentemente sarà possibile che una nuova tecnica (ossia una 'terza' tecnica) possa prevalere. A questo punto nuovi processi produttivi useranno la terza nuova tecnica, mentre la prima e la seconda potrebbero restare ancora in uso. Questo tipo di sequenza genera un cambiamento nel salario unitario e nel saggio di interesse, nella produzione e nell'occupazione; quindi non si può affermare che il sistema raggiunga l'equilibrio anche se esiste la tendenza intrinseca a raggiungerlo (Hicks 1973, pp. 37-47, 63-5).

I processi produttivi sono espressi in termini monetari come un flusso di *input* e un flusso di *output* che variano attraverso il tempo, rispettivamente $\{a_t\}$ e $\{b_t\}$. Ogni processo ha una forma e una durata diversa, come si può distinguere nella Figura 11. Hicks considera la tecnologia, recuperando le idee della scuola 'austriaca', come l'insieme di processi produttivi possibili, in cui un flusso di *input* durante un periodo di tempo $\{a_t\}$ produce un flusso di *output* in tempi successivi $\{b_t\}$. In altre parole, nel senso neo-austriaco di Hicks, nella sequenza temporale di *input* (t), che genera degli *output* ($t + n$), l'insieme fattibile di processi produttivi definisce la tecnologia.

Nel modello neo-austriaco di Hicks (1973, p. 14) l'insieme degli *input* e l'insieme degli *output* sono considerati come omogenei (ma soltanto per convenienza analitica), visto che si considerano in termini di valore (prezzo). L'insieme omogeneo degli *input* è dato dal lavoro e l'insieme omogeneo degli *output* è dato dai beni di consumo in generale. Per un tasso di salario reale w_t nel tempo t , un processo produttivo genera un flusso netto di *output* $\{q_t\}_{t=0}^n$ uguale a $\{(b_t - w_t a_t)\}_{t=0}^n$. Hicks

assume che $a_t > 0$ e $b_t = 0$ per $t = 0, 1, \dots, m-1$, giacché durante m periodi del processo produttivo si usano soltanto *labour input*.

Per un tasso di interesse settimanale r (per Hicks l'unità di tempo t è una settimana) il rendimento lordo del capitale in ogni t è $R = 1 + r$, e R^{-1} è il fattore di sconto, ovvero il fattore attraverso il quale si ottiene il valore attualizzato. La formula del valore attualizzato del capitale (k_0) all'inizio del primo periodo (tempo 0) del processo di produzione⁹⁷ è dato da $k_0 = q_t R^{-(t+1)}$. In generale il valore del capitale all'inizio di qualsiasi periodo (k_t) è dato da $k_t = q_t + k_{t+1} R^{-1}$. È importante segnalare che i beni di capitale nella definizione di Hicks (1973, p. 3) sono 'i beni usati in qualsiasi maniera per soddisfare i bisogni dei periodi successivi'.

Solitamente i modelli con tempo discreto comportano una certa ambiguità, poiché la fine di un periodo di tempo coincide con l'inizio del periodo di tempo successivo. Questa confusione si eviterebbe se si considerasse diversamente il modello neo-austriaco di Hicks: considerando gli *input* di lavoro come quantità fisiche di lavoratori assunti all'inizio del periodo t e remunerati alla fine del periodo t , ad un tasso di salario reale w , e considerando pure la produzione degli *output* finali (beni di consumo) alla fine di questo periodo t (Burmeister 2002, p. 3). L'interpretazione precedente permetterebbe di correggere la confusione che può provocare l'assunzione della non-disponibilità di beni di capitale nel primo periodo di produzione ($K_0 = 0$) del modello hicksiano (come quella che garantisce l'equilibrio nel mercato dei capitali), oltre alle altre assunzioni sul pagamento in ogni t degli *input* e, *output*.⁹⁸

La condizione dell'indisponibilità di beni di capitali nel tempo iniziale $K_0 = 0$ (sulla quale si basa il modello) è garantita dalla relazione tra il tasso d'interesse r e il tasso di salario w . La condizione $K_0 = 0$ diventerà negativa ($K_0 < 0$) quando w aumenta (con r costante), anche se un aumento di w potrebbe diminuire il tempo di durata di un processo. In altre parole, un aumento di w porterà un $K_0 < 0$ e il ritorno a un valore nullo ($K_0 = 0$) dipenderà dalla diminuzione del tasso di interesse — 'teorema

⁹⁷ Hicks suppone $K_0 = 0$, ciò che equivale ad una condizione di profitti nulli, vale a dire quando gli *input* e *output* sono misurati in termini dei suoi prezzi attualizzati (Burmeister 2002, p. 3).

⁹⁸ Vedasi Burmeister (1974, pp. 416–8) per un'analisi sulla temporalità (*timing*) nel processo produttivo e sulla rilevanza del pagamento *ante factum* o *post factum* dei salari w .

fondamentale'.⁹⁹ Il tasso di salario e di profitto (o tasso reale di interesse) definiscono una funzione del tipo $r = f(w)$, la quale viene rappresentata da una curva decrescente ($f'(w) < 0$) che mostra la relazione salario-interesse e permette di determinare la tecnica più efficiente per una data tecnologia. Vale a dire, che per ogni valore di w deve essere scelta la tecnica che massimizza il tasso di profitto r e rende $k_o = 0$.¹⁰⁰

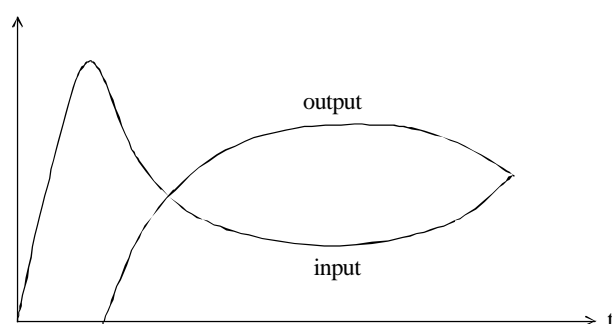


Figura 11: Rappresentazione del percorso temporale del flusso degli *input* e degli *output* in un processo produttivo. (Fonte: Hicks 1973, p. 15)

Hicks (1973, pp. 63-77) studia lo stato stazionario (*steady state*) presupponendo due diverse condizioni: tasso di salario fisso (*fixwage theory*) e piena occupazione (*full employment theory*). Nella teoria del salario fisso l'occupazione può variare, ma il tasso reale di salario rimane fisso, analogamente alla teoria ricardiana. Questo presupposto, secondo Burmeister (1972, p. 422), risulta conveniente perché per un tasso dato w (e per un dato r) la tecnica di produzione con la quale si raggiunge l'equilibrio è unica e non può cambiare finché un'innovazione non altera i processi produttivi possibili. Tuttavia l'analisi dinamica del comportamento del sistema garantisce la piena occupazione; ed è ciò che risulta utile per l'economia. I valori attesi di w_t e r_t permettono di calcolare il valore presente desiderato dei processi produttivi; pertanto il problema delle 'aspettative' è fondamentale (Burmeister 1974, pp. 422-4). Il suddetto argomento, però, non sarà discusso in questa sede e si proseguirà quindi con la descrizione del modello di puro lavoro di Pasinetti.

⁹⁹ Teorema di Hicks (1973, p. 19): *le diminuzioni del tasso di interesse aumenteranno il valore del capitale, e viceversa.*

¹⁰⁰ Vedasi Hicks (1973), in particolare il Capitolo IV: *Technique and Technology*.

Il modello di Pasinetti (1993) equipara la rappresentazione del sistema produttivo con lo schema di integrazione verticale. Questo modello semplifica la complessità interindustriale del sistema economico reale, ed esamina ‘un’economia di puro lavoro’.¹⁰¹ La considerazione di un’economia di puro lavoro con i settori verticalmente integrati permette di raggiungere il nucleo centrale dei fenomeni della dinamica strutturale dei sistemi produttivi, senza limitare l’analisi alla dipendenza interindustriale.

Mentre i coefficienti di un sistema di equazioni alle interdipendenze industriali cambiano non appena si verifica un qualsiasi mutamento tecnico, rendendo così inservibile lo stesso sistema di equazioni, i coefficienti che rappresentano i settori verticalmente integrati permangono, indipendentemente dal progresso tecnico. Tali coefficienti sono in effetti soltanto due: un coefficiente di lavoro verticalmente integrato ed un’unità di capacità produttiva verticalmente integrata. Ora, un’unità di capacità produttiva verticalmente integrata è essenzialmente invariante al mutamento tecnico, per definizione. (Pasinetti 1993, p. 38)

Il modello di Pasinetti si basa sul modello smithiano dell’economia, poiché considera un’economia di produzione di puro lavoro in un periodo di tempo, nel quale non vi è appropriazione della terra e nemmeno accumulazione di capitale (l’economia primitiva di Smith). Tra le ipotesi del modello di Pasinetti¹⁰² si riconosce la mancata necessità dell’impiego di beni capitali o intermedi; per contro si riconosce quella del lavoro. Quest’ultima caratteristica costituisce la principale differenza del modello di Pasinetti con quello di Sraffa (1969).¹⁰³ Ad ogni modo il modello di Sraffa suggerisce a quello di Pasinetti alcune delle idee di base. Il modello di Pasinetti considera un sistema economico formato da elementi (individui) che, con l’impiego di solo lavoro, consumano e producono beni prodotti (merci). Nel modello di Sraffa si suppone che la qualità del lavoro sia omogenea — oppure che le differenze di qualità siano state in

¹⁰¹ Bortis (1996) presenta una valutazione dettagliata della metodologia usata nell’analisi della dinamica economica strutturale da Pasinetti (1993). In particolare, il lavoro di Bortis (1996, pp. 142-5) discute il modello di ‘puro lavoro’ di Pasinetti e lo confronta con i principi dell’economia classica (di Smith e Ricardo) e keynesiana. Altresì, Bortis (1996, pp. 136-7) concede, nello stesso modo che Pasinetti, un ruolo fondamentale al progresso tecnologico per la cementazione dei mutamenti strutturali.

¹⁰² Il modello di Pasinetti basa lo schema teorico nelle seguenti formulazioni: (i) l’intero schema è riferito ad una società perfettamente sviluppata, (ii) la società è tecnologicamente avanzata, (iii) gli individui svolgono attività di produzione e consumo, (iv) la produzione di merci si ottiene attraverso l’impiego di solo lavoro, (v) —come nel modello di Sraffa— ogni unità di lavoro riceve lo stesso salario, (vi) non c’è necessità di impiegare beni intermedi o di capitale, (vii) tutte le merci sono beni di consumo ed il lavoro è l’unico fattore della produzione (analogo alla teoria smithiana del valore-lavoro, dove i prezzi sono proporzionali al lavoro), (viii) esiste divisione del lavoro e marcata specializzazione, (ix) la produttività del lavoro è molto elevata, (x) gli individui ottengono le altre merci di cui ha bisogno mediante scambio, (xi) la popolazione totale è considerata uguale alla popolazione lavorativa (ed il suo valore è fissato esogenamente) e (xii) i prezzi sono espressi in termini di lavoro comandato ed il salario unitario è l’unità di misura dei prezzi (Pasinetti 1993, pp. 42-8).

¹⁰³ Il modello di Sraffa (1960) è un modello multisettoriale, perciò potrebbe essere classificato come è avvenuto per i modelli menzionati nella Sezione 3.2.

precedenza ridotte ad equivalenti differenze di quantità — e così ogni unità di lavoro riceverà lo stesso salario. Sebbene il modello di Pasinetti non impieghi beni di capitale o merci intermedie, considera un sistema economico in cui si producono merci, esattamente come ha fatto Sraffa, ma partendo da ipotesi contrastanti. Sraffa ha caratterizzato il sistema economico come ‘produzione di merci a mezzo di merci’, Pasinetti invece lo caratterizza come ‘produzione di merci a mezzo di lavoro’ (Pasinetti 1993, p. 43).

La nozione di integrazione verticale in Pasinetti rappresenta il sistema produttivo come un insieme di attività produttive indipendenti tra loro. In altre parole, il modello di Pasinetti presenta uno schema di produzione analogo al modello chiuso di Leontief¹⁰⁴, ma non considera la parte interna della matrice *input-output*, egli prende in considerazione solamente l’ultima riga e l’ultima colonna della tabella. Vale a dire che il modello di Pasinetti non include le relazioni intersettoriali perché si tratta di un modello di integrazione verticale: ogni settore integrato verticalmente indica complessivamente la capacità produttiva (lo *stock* di beni intermedi) e il lavoro che è direttamente (o indirettamente) usato nel produrre un particolare bene finale *i*.

L’economia di puro lavoro è presentata in un modello composto da un sistema di equazioni lineari omogenee espresse sia in termine della quantità che dei prezzi. Le soluzioni di queste determinano la quantità di beni domandati $Q_i(t) = c_i(t)Q_n(t)$ (o meglio l’evoluzione nel tempo del consumo della popolazione totale) e la quantità di lavoro per salario unitario $P_i(t) = l_i(t)w(t)$, dove i prezzi sono proporzionali al lavoro. Questo sistema deve soddisfare per l’intera economia (non per la sua configurazione settoriale) una condizione necessaria, o condizione macroeconomica $\sum_{i=1}^m c_i l_i = 1$, con la quale si garantisce l’esistenza di piena occupazione e in cui si completa la spesa del reddito nazionale globale. In questa condizione macroeconomica¹⁰⁵ $c_i l_i$ rappresenta la proporzione dell’occupazione totale che viene richiesta al processo produttivo *i*-esimo

¹⁰⁴ Nel modello chiuso di Leontief la domanda finale e il valore aggiunto sono trattati come se fossero un settore qualsiasi.

¹⁰⁵ Basata sul principio keynesiano della domanda effettiva, nel quale le quantità fisiche sono proporzionali ai coefficienti di consumo, la produzione è dominata dalla domanda effettiva e la capacità produttiva (diffusa e indifferenziata) si rende disponibile dove la domanda lo richiede.

del sistema in termini di quantità fisiche; mentre, nel sistema dei prezzi, rappresenta la proporzione del reddito nazionale potenziale generato da ciascun settore i -esimo. La condizione necessaria $\sum_{i=1}^m c_i l_i = 1$ indica il livello di domanda generato dal livello di produzione che assicura la piena occupazione; un valore inferiore all'unità ($\sum_{i=1}^m c_i l_i < 1$) indica scarsità di domanda effettiva e ha conseguenze sul sistema delle quantità fisiche, provocando disoccupazione. Per contro un valore superiore all'unità ($\sum_{i=1}^m c_i l_i > 1$) indica eccesso di domanda effettiva con conseguenze sul sistema dei prezzi, provocando tensioni inflazionistiche. Fondamentalmente, la condizione necessaria implica una spesa totale dei redditi individuali affinché si eserciti la domanda effettiva globale capace di generare quel livello di produzione totale che assicura la piena occupazione della quantità di lavoro disponibile. (Pasinetti 1993, pp. 44-51)

La soluzione dinamica (Pasinetti 1993, pp. 69-101) per le quantità fisiche è $q_i(t) = c_i$ con $q_i = Q_i(t)/Q_n(t)$ e per il sistema dei prezzi è $P_i(t) = l_i$. Queste soluzioni permettono di spiegare le nozioni sulla dinamica strutturale dei coefficienti di lavoro e di consumo, rispettivamente, attraverso le seguenti identità: $l_i(t) = l_i(0)e^{-\rho_i t}$ e $c_i(t) = c_i(0)e^{r_i t}$. La crescita della popolazione è $N(t) = N(0)e^{g t}$ (con $Q_n(t) = N(t)$). L'ipotesi sull'esistenza della dinamica strutturale viene indicata dalla variazione dei coefficienti di consumo *pro capite* (r_i) in funzione dei prezzi e delle variazioni del reddito. Quando $r_i = r_j$ e $\rho_i = \rho_j$ occorre una crescita con proporzioni invariate ('omotetica') e con progresso tecnico uniforme, la crescita invece sarà quasi proporzionale quando $r_i \neq r_j$ e $\rho_i \neq \rho_j$, ma con $r_i = \rho_i$ che annulla l'effetto della variabile tempo. In quest'ultimo caso, in ciascun singolo settore, il saggio di crescita della produttività (ρ_i) coincide esattamente con il saggio di crescita della domanda per il rispettivo prodotto (r_i). Ciò significa che esiste dinamica strutturale soltanto all'interno di ogni settore, perché le quantità e i prezzi relativi variano con il trascorrere del tempo e una variazione ne compenserà l'altra all'interno dei singoli

settori produttivi; e quindi attraverso il tempo il peso relativo tra i settori rimarrà costante.

La dinamica strutturale nel modello di Pasinetti è strettamente legata al progresso tecnico e all'evoluzione dei consumi. Il progresso tecnico rivela due aspetti distinti e separati, ma correlati tra loro. Il primo è di carattere strettamente tecnologico e connesso alle seguenti tre caratteristiche: (i) la diffusa divisione dei compiti lavorativi, ossia un'accentuata specializzazione dei lavoratori; (ii) l'eterogeneità e la differenziazione settoriale e temporale degli effetti del progresso tecnologico sulla produttività del lavoro (ρ_i) e (iii) la tendenza al progresso tecnologico — inteso come miglioramento delle operazioni e come introduzione di nuove tecniche. Il secondo aspetto è relazionato alle conseguenze del progresso tecnologico nell'aumento della produttività del lavoro, la quale si traduce in termini di possibilità di consumo. Pasinetti insiste su questo punto, e cioè sullo studio dell'evoluzione nel tempo dei sistemi industriali della 'legge di Engel', con la quale si constata che mano a mano che i salari reale aumentano nel tempo, la proporzione che di essi viene spesa in beni di prima necessità — alimentari — diminuisce.

Le affermazioni precedenti sull'evoluzione della tecnologia e del consumo costituiscono la base della formalizzazione analitica dello schema di Pasinetti sulla dinamica strutturale. La rappresentazione analitica è caratterizzata dalla crescita non uniforme e non proporzionale del sistema produttivo; più precisamente suppone che i saggi di variazione della domanda r_i e della produzione ρ_i variano attraverso il tempo, $r_i = f(t)$ e $\rho_i = f(t)$; presume anche che questi saggi siano diversi tra merce e merce, $r_i \neq r_j$ e $\rho_i \neq \rho_j$, ma soprattutto che $r_i \neq \rho_i$. I settori produttivi sono classificati in modo tale che i saggi di variazione della produttività risultano essere decrescenti ($\rho_1 > \rho_2 > \dots > \rho_h > \dots > \rho_m$), mentre le $r_i (r_1, r_2, \dots, r_m)$ non sono ordinate in maniera decrescente. Un'altra importante ipotesi di base del modello di Pasinetti è quella che specifica i periodi di tempo considerati per l'analisi della dinamica strutturale. Questa modifica delle funzioni esponenziali enunciata dal modello rende più appropriata la rappresentazione analitica dell'evoluzione temporale, la quale viene considerata in 'fasi di tempo' maggiori dell'unità (t), vale a dire che i periodi di tempo

in cui si svolge l'analisi sono di lunghezza $z > t$. All'interno di ogni fase di tempo il saggio percentuale annuo di variazione della domanda rimane costante per ciascun settore r_i , ma varia passando da una fase di tempo a quella successiva.

Per Pasinetti la radice dei continui cambiamenti dei coefficienti tecnici ('progresso tecnico') è il fenomeno dell'apprendimento (individuale e sociale) nell'attività produttiva. Da una parte il progresso tecnologico rivela un aspetto strettamente tecnico legato alla divisione del lavoro e all'accentuata specializzazione; alla non omogeneità e differenziazione (in termini di settori e tempo) degli effetti del progresso tecnico sul coefficiente di lavoro (e la produttività del lavoro $1/l_i(t)$) e da ultimo alla tendenza allo sviluppo alla scoperta di tecniche e tecnologie che migliorano la produttività. D'altra parte rivela altresì un aspetto legato all'aumento del reddito e di conseguenza all'incremento nelle possibilità di consumo pro capite dovute all'aumento della produttività. In tal modo la scomposizione del sistema produttivo in settori verticalmente integrati (in sub-sistemi) permette l'analisi dell'influenza di due forze continue: il progresso tecnologico e i cambiamenti nella composizione della domanda. Il primo riduce i coefficienti degli *input* di lavoro ($l_i(t)$) nelle diverse attività produttive e il secondo è conseguenza delle continue modifiche nel paniere di beni richiesto dai consumatori finali. L'aumento dei diversi saggi di crescita r_i genera un aumento dei beni e servizi disponibili, nonché del consumo.

Pasinetti ha elaborato una teoria dello sviluppo a lungo termine considerando un'economia di puro lavoro e con uno schema multisettoriale che si adatta alle caratteristiche delle moderne economie industriali. Il ruolo centrale nello schema teorico di Pasinetti si assegna al *primum movens* della società industriale moderna, ovvero al progresso tecnologico trasferito dall'apprendimento individuale e sociale (Hishiyama 1996, p. 128).¹⁰⁶

¹⁰⁶ Data l'importanza del modello di Pasinetti in materia di dinamica economica strutturale e particolarmente considerando il ruolo che assegna al progresso tecnologico, nella Terza Parte si riprendono alcune nozioni di tale modello.

3.5. Il progresso tecnico nelle teorie dello sviluppo e della crescita

I contributi teorici di Schumpeter e Kuznets si riconoscono come essenziali in argomenti quali il progresso tecnico (e la sua ripercussione sul sistema economico), la crescita e lo sviluppo economico. A conclusione del Capitolo 3 verranno accennati i sopracitati lavori. Questi autori hanno contribuito notevolmente nell'analisi dei *long-waves* nel contesto delle innovazioni, entrambi i loro lavori sono stati, però, già estesamente discussi e confrontati. Il lavoro di Schumpeter riconosce i cicli analizzati da Kondratieff, mentre Kuznets rifiuta l'evidenza empirica dei cicli di Kondratieff e l'ipotesi sulla casualità delle innovazioni. Kuznets (1940, pp. 261-7 e in Kleinknecht 1987, p. 11) infatti analizza esplicitamente il lavoro di Schumpeter e la sua corrispondenza con quello di Kondratieff. Nonostante la controversia (sui presupposti e sull'evidenza empirica) tra Schumpeter e Kuznets, entrambi gli autori hanno enfatizzato l'importanza delle innovazioni tecniche per la crescita economica nel lungo termine. In questa Sezione, però, l'attenzione viene rivolta alla loro ricerca sul ruolo delle innovazioni nell'andamento economico più che a quello sui cicli (quest'ultimo argomento viene discusso nella Terza Parte).

Schumpeter è considerato come uno dei maggiori autori che considerano esplicitamente la tecnologia come motore della dinamica economica e in particolare della ciclicità dei fenomeni economici.¹⁰⁷ La sua opera si basa sull'analisi delle origini e dell'evoluzione del sistema capitalista, in cui considera fattori di cruciale importanza (a) l'innovazione tecnologica, (b) il ruolo dell'imprenditore e (c) la natura ciclica del processo economico. Il modello di Schumpeter (1912, 1939) riguarda in modo sostanziale questa sezione per due ragioni fondamentali: il ruolo della tecnologia nel suo modello di produzione e la conseguente ciclicità della dinamica economica.

Il modello schumpeteriano concepisce il processo produttivo come la combinazione di fattori produttivi materiali e immateriali. I primi sono i fattori

¹⁰⁷ Sui cicli economici vedasi, per esempio, Schumpeter (1927, 1935, 1939), in riguardo con i processi di cambiamento vedasi Schumpeter (1947).

produttivi comuni considerati nei modelli economici: terra (N), lavoro (L) e capitale (K)¹⁰⁸; mentre quelli immateriali sono le innovazioni (S) e l'organizzazione sociale (U). Adelman (1961, p. 113) rappresenta la funzione di produzione di Schumpeter come $Y = f(K, N, L, S, U)$ e il tasso di cambio dell'economia come

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial K} \frac{\partial K}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial N} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial L} \frac{\partial L}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial S} \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial U} \frac{\partial U}{\partial t}.$$

La terra è un fattore costante $\frac{\partial N}{\partial t} = 0$; la popolazione tende a crescere in maniera naturale $L = L(t)$; i beni di

produzione sono una funzione della tecnica produttiva usata nel processo produttivo

$K = k\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)^{109}$ e il contesto socio-culturale dipende dagli aspetti economici e viceversa

$\frac{\partial U}{\partial t} = U(K, L, N, S, U)$.¹¹⁰ In tal modo il cambiamento temporale della produzione si

può riscrivere nel modo seguente (Adelman, 1961, p. 118): $\frac{\partial Y}{\partial t} = g\left(S, \frac{\partial S}{\partial t}, \frac{\partial^2 S}{\partial t^2}, \dots; U, t\right).$

Schumpeter in questo modello separa l'importanza che ognuno di questi fattori ha nel cambiamento delle condizioni economiche. L'aumento della produzione dipende dall'aumento dei fattori produttivi materiali; ma questo aumento si traduce in modifiche graduali e poco importanti se confrontate all'aumento risultante dai cambiamenti tecnologici e sociali. Schumpeter considera infatti che i cambiamenti nella produzione (risultanti dai cambiamenti dei fattori produttivi materiali, considerando i fattori immateriali costanti) siano semplici modifiche quantitative o di adattamento alla crescita naturale della popolazione e della ricchezza.

¹⁰⁸ Il concetto schumpeteriano di capitale (K) viene rappresentato dai 'beni prodotti', ossia si riferisce al concetto di capitale fisico invece che al concetto di capitale monetario o di capitale in senso contabile. Vedasi Schumpeter (1954, Vol. 2, pp. 770-8). Schumpeter tuttavia considera un altro tipo di capitale: quello monetario, ma non come fattore della produzione, bensì come mezzo attraverso il quale è possibile disporre dei beni necessari per innovare e portare avanti il processo produttivo. Il capitale monetario non entra a far parte del processo produttivo, e non richiede neppure lavoro, è semplicemente l'intermediario tra l'imprenditore ed i fattori produttivi e dipende dal sistema creditizio dell'economia.

¹⁰⁹ Quest'affermazione è analoga all'analisi di Pasinetti sul ruolo dell'apprendimento (conoscenza tecnica) come responsabile dei cambiamenti economici, alla quale si farà riferimento nei paragrafi successivi.

¹¹⁰ Schumpeter, pur dedicando diverse pagine di molte sue opere alla critica marxista, considera l'evoluzione storica da un punto di vista materialista. Vedasi ad esempio Adelman (1961, pp. 117-8); Schumpeter (1950, p. 450) oppure Schumpeter (1954, Vol. 2, pp. 469-78, 534-9).

Viceversa i cambiamenti nel modo di utilizzare i fattori produttivi immateriali, ovvero i cambiamenti nella tecnologia¹¹¹, o quelli nella base socio-economica, risultano essere cambiamenti veri e sostanziali delle condizioni economiche. Si può dire che danno luogo a cambiamenti qualitativi¹¹² poiché le nuove combinazioni economiche di forze e di materiali non si raggiungono mediante adattamenti delle combinazioni precedenti, ma in questo caso sarebbero soltanto una semplice modifica dei parametri quantitativi delle combinazioni già esistenti.

L'analisi schumpeteriana illustra il flusso circolare dell'economia quando questa si trova in condizioni normali. L'economia tende a ruotare attorno a una sorta di equilibrio (come quello walrasiano) e le perturbazioni sono in generale assorbite, fino a ritrovare nuovamente lo stato di equilibrio¹¹³; sebbene, in determinati momenti storici dell'evoluzione dei sistemi economici, certi cambiamenti provochino lo spostamento dell'equilibrio verso un punto nuovo e diverso da quello precedente. Schumpeter definisce come 'sviluppo' la crescita del prodotto (e dei profitti) risultanti dall'impiego di nuovi metodi di produzione. Le nuove tecnologie sono 'l'impulso iniziale' del cambiamento industriale e commerciale; oltre a ciò i ricorrenti periodi di prosperità che il movimento ciclico dell'economia descrive sono la forma con cui si rappresenta il progresso (sviluppo) nella società capitalista (Schumpeter, 1927, pp. 293-5).

L'evoluzione del sistema economico (la dinamica del sistema capitalista secondo Schumpeter) è promossa dai soggetti, denominati imprenditori, che compiono l'azione di introdurre nuove combinazioni economiche, ovvero innovano. Questa evoluzione è un processo discontinuo che si basa sulle innovazioni introdotte dagli imprenditori; che a loro volta rivoluzionano il sistema economico creandone

¹¹¹ Introduzione di un nuovo prodotto, un nuovo processo di produzione, un nuovo mercato, una nuova offerta di materie prime, oppure una nuova forma d'organizzazione commerciale o finanziaria.

¹¹² Esiste un'analogia di concetti con quelli di Kondratieff (1925), sebbene i termini usati da entrambi siano opposti e confusi. Ambedue differenziano tra i cambiamenti puramente quantitativi e quelli qualitativi. Tuttavia Kondratieff definisce i processi di crescita (*non-reversibili*) come 'evolutivi' e Schumpeter definisce i processi di cambio qualitativo o di sviluppo economico (risultanti di cambiamenti tecnologici e sociali) come 'evolutivi'. In Schumpeter la natura ricorrente (ma non periodicamente costante) dei cambiamenti tecnologici determina la natura ciclica dell'andamento economico. Kondratieff, invece, definisce come *reversibili* i fenomeni economici di natura ciclica.

¹¹³ Un comportamento di questo tipo è descritto nel tradizionale modello IS-LM di Hicks-Hansen (1937), il quale rappresenta come l'aumento (o la diminuzione) del valore di una variabile, generi variazioni nei valori d'altre variabili, in modo di rimanere nel punto d'equilibrio.

uno nuovo e definiscono la natura ciclica del progresso economico. Se si considera il ruolo dell'imprenditore come colui che ha la capacità di suscitare cambiamenti nel percorso economico, la 'distruzione creativa' (*creative destruction*)¹¹⁴ sarebbe un termine appropriato per descrivere il processo d'innovazione. In questo modo è lecito affermare che le innovazioni generano cambiamenti.

Schumpeter, pur essendo stato definito come uno dei principali rappresentanti della scuola neoclassica¹¹⁵, è in contrasto con l'indirizzo teorico di questa scuola di pensiero economico. Ciò è dovuto al fatto che critica la staticità delle teorie dell'epoca, la mancata differenziazione tra l'approccio statico e lo stato stazionario — realizzando in merito un'analisi critica sulle fluttuazioni industriali di Pigou (1927).¹¹⁶ D'altra parte, e in quanto la sua teoria sui cicli economici, Schumpeter (1928, pp. 362-4) concorda con alcuni aspetti della teoria marxista, principalmente nell'evoluzione storica a cui è legato il sistema capitalista. In particolare, nella teoria schumpeteriana, l'evoluzione storica dipende dalle possibilità di progresso tecnologico e dalla ridefinizione delle classi sociali¹¹⁷, ma innanzitutto dalla ridefinizione del ruolo dell'imprenditore.

In sintesi il progresso o sviluppo economico nella teoria schumpeteriana è generato dall'introduzione di nuove combinazioni economiche che non permettono di giungere al punto d'equilibrio economico precedente. L'introduzione delle innovazioni si realizza in maniera discontinua e secondo la funzione che svolge l'imprenditore nel processo economico e con l'influsso delle condizioni socio-culturali. Così il fenomeno dello sviluppo si svolge ciclicamente, ogni innovazione

¹¹⁴ Su questo argomento Metcalfe (1998) ha dedicato un libro intitolato appunto *Evolutionary economics and creative destruction*.

¹¹⁵ Probabilmente per la coincidenza storica delle sue opere con quelle neoclassiche (delimitando il periodo neoclassico dell'economia dal 1871-74, con la rivoluzione marginalista, fino ai giorni nostri), Schumpeter è uno dei pochi economisti difficile da identificare con una scuola di pensiero. È comune in effetti trovarlo come teorico dello sviluppo e come fondatore della cosiddetta 'economia evolutiva' (*evolutionary economics*) che studia il cambiamento economico come risultato dell'interazione economico-sociale e l'evoluzione naturale delle istituzioni e del sistema capitalistico.

¹¹⁶ Vedasi J. Schumpeter (1927, pp. 296-7).

¹¹⁷ Il cambiamento conseguente al mutamento ed allo sviluppo tecnologico coincide in alcuni punti con la teoria marxista in cui i mezzi di produzione cambiano (e perciò anche le relazioni di produzione), definendo un nuovo contesto socio-economico. Entrambi considerano il cambiamento come naturale e proprio dell'evoluzione storica dell'economia ed entrambi concordano con l'evoluzione del capitalismo in un altro sistema economico. Questo argomento, tuttavia, non riguarda il presente lavoro.

richiede dei processi speciali di adattamento rappresentati nei punti di flesso. Lo schema della Figura 12 riassume una parte del processo capitalistico dello sviluppo.¹¹⁸

In relazione con quanto precedentemente esposto, gli schemi e gli esempi usati da Pérez (2002, pp. 9, 14, 18, 57, 156) illustrano chiaramente questo rapporto tra rivoluzione tecnologica e cambiamento economico¹¹⁹ in questi ultimi due secoli: (i) nella rivoluzione industriale; (ii) nell'era del vapore e del trasporto ferroviari; (iii) nell'epoca dell'acciaio e dell'elettricità; (iv) nell'epoca del petrolio, delle automobili e della produzione in grande scala e (v) nella rivoluzione dell'informazione e delle telecomunicazioni¹²⁰. In questo modo le innovazioni tecnologiche inducono allo sviluppo economico; ma il modo in cui queste determinano lo sviluppo non è uniforme e di conseguenza il sentiero della crescita è ciclico. Invero le teorie di Pérez sui *boom* delle scoperte tecnologiche che spiegano i cambiamenti dei paradigmi economici e crisi finanziarie, sono basate sulla teoria schumpeteriana in cui ogni rivoluzione produttiva (cambiamento tecnologico) e i suoi fenomeni collegati segnano il sentiero traballante dell'evoluzione economica.

Lo studio della crescita e della dinamica strutturale è uno dei temi centrali della teoria economica. L'analisi dello sviluppo e della crescita è stato il tema fondamentale dell'analisi economica classica; e l'interesse per questi argomenti viene ripreso durante i primi decenni del ventesimo secolo. Innanzitutto con le teorie economiche emerse dopo la Seconda Guerra mondiale, laddove è possibile riscontrare un forte impegno negli sviluppi teorici sulla crescita economica¹²¹ e ancora più recentemente nella dinamica economica strutturale. Tuttavia soltanto alcuni degli economisti moderni che si sono occupati del problema della crescita hanno messo in risalto l'importanza delle trasformazioni strutturali nella crescita economica. L'analisi di Kuznets è una delle prime teorie che incorpora i cambiamenti nella struttura economica all'interno dell'analisi della crescita; inoltre rappresenta un'analisi

¹¹⁸ Vedasi Pérez (2002, p. 156), per uno schema della dinamica delle tre sfere –economica, istituzionale e tecnologica– in costante cambiamento ed azione reciproca.

¹¹⁹ Questo rapporto è definito da Pérez (2002, p. 15) come il 'paradigma tecno-economico' (*techno-economic paradigm*), il cui modello permette di considerare i principi tecnici e organizzativi effettivi che caratterizzano le rivoluzioni tecnologiche e sono le basi della modernizzazione dell'economia.

¹²⁰ Vedasi, in Pérez (2002, p. 14), tabella riassuntiva sul cambiamento nel settore industriale e dell'infrastruttura in ogni rivoluzione tecnologica.

¹²¹ Come ad esempio il modello analitico sulla crescita endogena di Harrod (1946) e Domar (1949).

empirica della crescita e la sua relazione con i processi di trasformazione strutturale. Kuznets (1965, 1966, 1971, 1979), dopo un'analisi accurata dei dati relativi a diversi paesi, stabilisce il rapporto tra gli alti tassi di crescita economica e i cambiamenti nella struttura economica. Nello studio sui cicli economici di Kuznets, infatti, si mostra come il tasso di crescita cambi durante i periodi d'espansione e di depressione.¹²²



Figura 12: Relazione tra alcuni dei fattori che intervengono nella definizione della dinamica economica nel modello schumpenteriano. (Fonte: Elaborazione dell'autore)

Kuznets nel suo lavoro del 1973 riepiloga il problema della crescita economica e chiarisce le più importanti considerazioni dei suoi precedenti studi empirici (1966, 1971). Nel suddetto lavoro la crescita economica è definita come l'aumento nel lungo termine della capacità di offrire nuovi beni e servizi alla popolazione, basando questo ampliamento di capacità nell'evoluzione tecnologica e nell'adattamento ideologico (Kuznets 1973, p. 247). La crescita economica comporta cambiamenti nella struttura dal momento che comporta cambiamenti tecnologici e l'adattamento ideologico e istituzionale che permetta l'uso appropriato della tecnologia.¹²³ Il progresso tecnologico è diverso nei diversi momenti storici e nelle diverse regioni, poiché la base istituzionale e ideologica interagisce con il cambiamento tecnologico e permette la crescita economica. I cambiamenti nella conoscenza costituiscono le vere fonti di crescita durante lunghi periodi nelle diverse parti del mondo e Kuznets (1973, p. 247) le definisce come 'innovazioni epocali' (*epochal innovations*). Il corso della storia

¹²² Un altro tema di rilevante importanza nell'analisi di Kuznets è quello sulla distribuzione del reddito. Invero la famosa 'curva di Kuznets' (1955 e 1963) descrive il rapporto tra crescita economica correlata al tempo (asse orizzontale) ed uniformità della distribuzione del reddito (asse verticale) come una curva dalla forma ad 'U' capovolta. Vedasi, a titolo d'esempio, Kuznets (1955).

¹²³ Nei termini di Pasinetti (1993): l'apprendimento umano.

economica può essere diviso in funzione delle innovazioni che hanno caratterizzato un periodo e hanno dato luogo alla crescita economica.¹²⁴

Nonostante le limitazioni per le analisi imposte dalle probabili omissioni di dati empirici¹²⁵, Kuznets (1973, p. 248-9) distingue, usando le misure convenzionali (prodotto nazionale, lavoro, popolazione, ecc.), alcune caratteristiche comuni nella crescita delle economie moderne: *i*) elevati tassi di crescita del prodotto pro capite e della popolazione nei paesi sviluppati; *ii*) aumenti nel tasso di produttività; *iii*) alti tassi di trasformazione strutturale, ossia il passaggio da una struttura agricola ad una non agricola (industriale e più recentemente di servizi), con il passaggio da un'organizzazione personale delle imprese a una non personale, con il rispettivo cambiamento della struttura lavorativa¹²⁶; *iv*) il cambiamento della struttura ideologica della società; *v*) incremento nell'uso delle tecnologie, in particolare nelle comunicazioni e nel trasporto; *v*) la differenza economica dovuta all'utilizzazione delle moderne tecnologie tra le diverse nazioni.

In altri termini nei lavori di Kuznets lo studio della struttura della distribuzione del reddito costituisce la base per lo studio della crescita economica. A partire dall'analisi empirica e dal confronto tra nazioni sviluppate e non, la teoria di Kuznets si dedica principalmente allo studio della crescita economica, con lo scopo di stabilire la tendenza della distribuzione del reddito e dei suoi fattori caratteristici. Tuttavia Kuznets (1930a, pp. 388-90) documenta l'evoluzione storica della teorizzazione dei cicli economici senza esporre un suo modello, ma discutendo l'importanza della teoria dei cicli nella teoria economica e presentando alcuni dei lavori più importanti sui cicli economici. In particolare Kuznets enfatizza l'importanza dei lavori di Mitchell (1913), Loewe (1926) e Rosenstein-Rodan (1929)¹²⁷ nello studio dei cicli con le tendenze della teoria economica dell'epoca – l'economia dell'equilibrio. Il lavoro di

¹²⁴ Questa concezione trova delle analogie con la teoria marxista del materialismo storico. Vedasi Schumpeter (1990, Vol. 2, pp. 534-539).

¹²⁵ La data empirica di cui si dispone e le ipotesi analitiche non offrono una visione completa, giacché non riflettono molti dei costi di adattamento della struttura economica e sociale alle innovazioni tecnologiche e omettono alcuni dei risultati positivi (Kuznets 1973, p. 258).

¹²⁶ Kuznets, infatti, (1973, p. 248) illustra come esempio di cambiamento strutturale la rapidità nei tempi moderni d'adattamento nella distribuzione del lavoro tra i settori produttivi.

¹²⁷ Kuznets, in questo articolo, analizza anche i lavori di altri economisti come: Lederer (1926), Carrel (1929) e Slutsky (1929).

Mitchell analizza da un punto di vista empirico il problema dei cicli; e quello di Rosenstein-Rodan mostra come il tempo sia omissso nell'analisi dell'equilibrio. Loewe, invece, classifica le teorie sui cicli che sono state sviluppate fino ai primi decenni del Ventesimo secolo nel modo seguente:

1. Le anti-teorie in cui si rifiutano l'ipotesi di base delle teorie economiche in generale, le quali assumono la non razionalità nel comportamento degli agenti economici, come ad esempio il modello di Pigou (1927);
2. le teorie di ragionamento circolare in cui i cicli si generano a partire da una situazione di disequilibrio (prosperità o depressione), come ad esempio i modelli di Aftalion (1914) e Cassel (1918);
3. le teorie generalizzanti, le quali considerano le perturbazioni parziali come generali, ad esempio i modelli di Schumpeter (1911, 1939), Liefmann (1921) e Sombart (1902, 1904);
4. le teorie con discrepanze temporali che considerano i cicli come risultato di sfasamenti nei cambiamenti economici, ad esempio le teorie di Fisher (1923, 1925);
5. le teorie con variabili indipendenti, nelle quali i cicli sono una conseguenza di fattori esterni al sistema economico, come le condizioni naturali (per esempio nel modello di Jevons, 1875 e 1878) e il progresso tecnologico.¹²⁸

In tal senso i lavori di Kuznets espongono temi cruciali concernenti l'analisi dinamica della struttura economica, poiché evidenziano l'urgenza di una teoria realistica sul cambiamento economico, l'incompletezza dell'analisi di equilibrio, l'importanza dell'utilizzo del tempo nella teorizzazione economica, la necessità dell'incorporazione della teoria dei cicli nel sistema teorico dell'economia, il cambiamento tecnologico, la struttura della distribuzione del reddito e la crescita economica.

¹²⁸ Vedasi Kuznets (1930, pp. 388-90).

4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questa prima parte della tesi traccia gli aspetti teorici fondamentali dell'analisi economica strutturale. Per questa ragione definisce e distingue, in primo luogo, gli aspetti concettuali e metodologici generalmente utilizzati nell'indagine del cambiamento strutturale, e in secondo luogo descrive alcuni modelli che adottano questi approcci teorici per lo studio della dinamica strutturale. I modelli descritti hanno permesso di esemplificare le metodologie di integrazione dei processi o dei settori produttivi nel tempo. Tuttavia non si esclude l'esistenza e l'importanza di altri modelli che hanno pure contribuito all'analisi del cambiamento strutturale.

La dinamica strutturale costituisce un approccio alternativo e complementare allo studio dei problemi economici esaminati con un approccio tradizionale micro e macroeconomico. All'economia della dinamica strutturale appartiene lo studio dei fenomeni di cambiamento irreversibili nel tempo, anzitutto relativi alle economie moderne. Lo studio della dinamica dei sistemi — aventi composizione e comportamento complessi — richiede la verifica delle ipotesi che permettono l'identificazione e la caratterizzazione del sistema studiato. Nel caso particolare della teoria economica, una delle ipotesi più importanti è quella dell'invarianza relativa, dato che essa permette di considerare gli aspetti del sistema economico cruciali per la determinazione della dinamica della struttura.

Dal punto di vista della dinamica dei sistemi l'analisi economica tradizionale non considera in modo preciso il cambiamento di livello e di composizione degli elementi che configurano il sistema e nemmeno il cambiamento delle relazioni tra questi elementi. Il cambiamento temporale delle variabili e delle relazioni che identificano il sistema dev'essere associato a fattori di cambiamento, i quali determinano in modo esogeno o endogeno¹²⁹ il mutamento della struttura. Tra questi fattori di cambiamento possiamo menzionare quello tecnologico, quello istituzionale e quello delle condizioni naturali. Dato che la ricerca in oggetto concerne il

¹²⁹ L'argomento riguardante la determinazione esogena o endogena del cambiamento strutturale verrà approfondito nei capitoli successivi.

cambiamento tecnologico come fattore decisivo del cambiamento strutturale, esso è stato messo in rilievo nei modelli considerati come esempio di metodi di integrazione settoriale. Si sottolinea inoltre che i modelli considerati — con l'eccezione del modello di Pasinetti (1993) — non costituiscono autentici modelli di cambiamento strutturale, nonostante essi fungano da base per la formulazione di una teoria di dinamica economica strutturale.

Le linee guida della scuola austriaca, in particolare la teoria neo-austriaca di Hicks, ad esempio, sono state considerate come un'alternativa all'analisi economica dinamica. Queste linee guida permettono un'analisi priva dell'ipotesi che l'economia si trovi nella situazione *steady state*, includono inoltre i cambiamenti tecnologici e la possibilità che diverse tecnologie coesistano nei vari settori economici. Il cambiamento tecnologico tuttavia è concepito soltanto come un fattore di cambiamento esogeno (ovvero gli *shocks* considerati nei diversi tipi di analisi trasversale) e non considera i cambiamenti derivanti da un processo decisionale o di apprendimento, ovvero delle invenzioni generate da motivazioni prettamente economiche (innovazioni). La teoria hicksiana si concentra principalmente sul ruolo del capitale¹³⁰; e il suo contributo più importante riguarda la dinamica economica, ossia la rappresentazione della transizione di uno stato di equilibrio a un altro, attraverso la sua analisi trasversale (Baranzini e Scazzieri 1990, p. 272 e Zamagni 1984, p. 137).

Nei lavori di Kuznets e Schumpeter si possono riconoscere come contributi importanti, in materia di dinamica economica strutturale, quelli legati alla loro comprensione della necessità di una teoria economica che descriva in modo più realistico il sistema economico. Tuttavia Kuznets, che concentra i propri studi nella crescita economica da un punto di vista empirico, si focalizza principalmente sulla distribuzione settoriale (che egli chiama 'struttura'), nella composizione del consumo finale e della domanda di capitale che sono influenzati dal cambiamento tecnologico (ciò che contribuisce alla crescita della produzione ed all'aumento della produttività). Nonostante il modello di Schumpeter non possa essere definito come un modello di

¹³⁰ I primi tentativi dell'analisi trasversale (1965) sono basati su un modello di due settori con coefficienti fissi.

cambiamento strutturale, può essere però considerato come il primo ad aver raggruppato temi di cruciale importanza per l'analisi economica, quali: l'innovazione tecnologica, la storia socio-economica, l'interazione tra individui e l'economia nel suo complesso, il processo capitalista e la sua evoluzione, i cicli economici e in generale, il cambiamento economico. Ad esempio, l'approccio evolutivo dell'economia (vedasi Capitolo 13) parte da uno studio approfondito della teoria schumpenteriana, considerando il progresso economico in termini di innovazioni tecnologiche e di cambiamenti nell'organizzazione sociale che determinano gli sviluppi e l'impatto sulla società da un punto di vista descrittivo e analitico piuttosto che previsionale.

E' inoltre importante osservare come i modelli esaminati in questa prima parte considerino solamente gli elementi materiali (e le loro relazioni) nell'analisi del sistema economico in quanto nessun modello affronta il 'problema istituzionale'¹³¹ – tranne, come già segnalato, quello di Pasinetti. In generale l'analisi economica, sia nei modelli statici che in quelli dinamici, descrive la convergenza ad uno stato stazionario o di equilibrio. Certe caratteristiche istituzionali non differenziano i modelli tra loro, poiché queste caratteristiche sono considerate solamente nel momento iniziale e quindi rimangono costanti dopo essere state individuate. Il modello di Pasinetti studia il sistema '*naturale*' di un'economia (quella di puro lavoro) e mette in risalto il ruolo delle istituzioni che consentono l'esistenza effettiva di un sistema economico naturale. Infatti, secondo Pasinetti (1993, p. 184), in un modello dove tutti i coefficienti di produzione e di domanda variano continuamente, le posizioni 'naturali' non rimangono tali con il trascorrere del tempo. In questo modo il problema istituzionale non ammette un'unica soluzione poiché le istituzioni sono delle forme organizzative finalizzate a raggiungere un risultato e quindi esse sono dinamiche e adeguate alle condizioni spaziali (luogo). Pertanto nell'analisi economica è fondamentale individuare delle forme organizzative che influiscono sull'andamento delle grandezze economiche attraverso il tempo.

Non a caso sono state presentate nel Capitolo 2 alcune delle definizioni e teorie sociologiche sulla struttura che rilevano in modo esplicito il ruolo fondamentale delle

¹³¹ Per un approfondimento sul ruolo delle istituzioni nell'analisi economica strutturale vedasi Baranzini e Scazzieri (1990, pp. 243-58).

relazioni istituzionali di carattere politico, giuridico, religioso, ecc. nella configurazione del sistema economico che non sono comunque considerate in modo particolare nella scienza economica. La complessità che caratterizza i sistemi economici fa sì che la determinazione del comportamento e delle relazioni tra gli agenti economici, sia a livello micro che macro, possa avvenire soltanto in presenza di variabili di tipo quantitativo, oppure considerando il sistema isolato.

In questo modo si può dire che generalmente i modelli economici si concentrano principalmente nel misurare le modifiche quantitative, ovvero ad analizzare le alterazioni temporali dell'insieme dei valori che le variabili e le funzioni possono assumere, senza però tener conto di cambiamenti nelle funzioni descrittive del sistema. Al contrario il cambiamento strutturale si produce quando un sistema, oltre ai cambiamenti di tipo quantitativo, è soggetto a cambiamenti qualitativi (vedasi Capitolo 9). I modelli che hanno messo in luce l'effetto di un cambiamento strutturale (e la nuova struttura che a sua volta produce nuovi cambiamenti quantitativi e qualitativi) rappresentano delle eccezioni nel panorama della teorizzazione economica. In tempi più recenti, tuttavia, l'analisi economica ha fatto una svolta proponendo nuovi approcci più realistici ai sistemi economici e che evidenziano la rilevanza di fattori come il progresso tecnologico e le istituzioni per un allineamento con i mutamenti strutturali.

PARTE 2

SULLA TEORIA DEI SISTEMI E SULLA DINAMICA ECONOMICA: LA DINAMICA ECONOMICA STRUTTURALE

5. INTRODUZIONE

Come suggerisce il nome stesso, la teoria dei sistemi è il corpo teorico ed applicativo interdisciplinare dedicato allo studio ed al controllo dei sistemi. Ciò nondimeno, da una parte definire un sistema non è compito facile, dato che non esiste un'unica definizione di sistema, e dall'altra in quanto si tratta di un concetto astratto e relativo. In linea generale si potrebbe affermare che un sistema è dato da un qualunque aggregato di elementi (reali o immaginari) connessi tra loro. Le definizioni più comuni sui sistemi considerano le relazioni tra le variabili come legami causa-effetto, ovvero facendo riferimento a sistemi chiusi e deterministici.

La concezione della natura ed il modo con cui si cerca di comprenderla sono stati tradizionalmente basati su due idee: il riduzionismo ed il meccanicismo. Queste due concezioni predominarono fino a circa il 1940, momento in cui le dottrine dell'espansionismo, la teleologia e l'analisi sistemica prevalsero come concetti e metodi dell'analisi scientifica. La concezione riduzionista concepisce tutto ciò che forma il mondo come un tutto che può essere diviso in elementi o parti indivisibili. Prende quindi l'abbrivio dalla divisione del tutto nelle parti costituenti, per spiegare successivamente il comportamento di ognuna di esse e quindi aggregare queste spiegazioni in una complessiva, nel senso che la soluzione del tutto è una somma delle soluzioni delle parti.

La seconda idea fondamentale, ossia quella meccanicista, concepisce tutti i fenomeni come conseguenza di una causa, ossia attraverso relazioni causa-effetto. L'effetto viene spiegato solamente attraverso la sua causa, escludendo qualsiasi azione dell'ambiente (ovvero ciò che è stato definito come sistema chiuso), per questo gli effetti sono completamente spiegati dalle cause e la visione del mondo che prevale è quella determinista. Secondo questo approccio il mondo, e pertanto i sistemi, si considerano come meccanismi con un comportamento completamente determinato dalla loro struttura. Inoltre la concezione meccanicista può essere associata a concetti come quello di omeostasi, entropia, autopoiesi, ecc. L'approccio meccanicista è anche usato in un altro senso, quello in cui le cause sono condizioni necessarie, ma non sufficienti, per spiegare l'effetto. Questa nozione ha permesso l'espandersi dell'approccio della casualità determinista ed ha consentito di pensare legami causa-effetto non deterministi o probabilistici, oltre che includere delle funzioni obbiettivo. È stata quest'ultima interpretazione meccanicista ad aver permesso alla teleologia di divenire il concetto dominante nello spiegare il mondo nella seconda metà del ventesimo secolo.¹ L'approccio sistemico ha avuto un orientamento teleologico, sebbene l'interesse nei sistemi meccanici vi è stato solamente per motivi strumentali atti a comprendere i sistemi in cui le loro parti hanno degli scopi particolari. Nonostante ciò, la visione sistemica prova a valutare il comportamento di un sistema considerandolo come una parte di uno più grande che lo contiene e che quindi possiede intrinsecamente la concezione espansionista.² Su questi approcci tradizionali (visione sistemica-teleologica), e su quelli più recentemente sviluppati (come quelli sui sistemi complessi), si concentra la seconda parte della presente ricerca.

Dalla comparsa dell'approccio sistemico come nuova dottrina per analizzare il mondo, si possono distinguere due importanti argomenti. Da un lato, dalla definizione generale di sistema, ne derivano altre due: gli elementi e le relazioni. I primi sono quelle

¹ La dinamica dei sistemi, ed in particolare la tradizionale simulazione di sistemi, si fonda negli approcci meccanicista e teleologico.

² Sui diversi approcci e la loro evoluzione (IE, OR e MS) vedasi Ackoff (1973).

parti che costituiscono l'insieme, considerato come un tutto, e le relazioni rappresentano i nessi di dipendenza tra i sistemi. D'altra parte, e siccome l'obiettivo dell'analisi dei sistemi è di raccogliere informazioni su di essi, altre definizioni sono rilevanti per spiegare il loro comportamento, ad esempio quelle di modello e struttura. Il risultato dell'analisi sistemica è un'immagine concettuale, ovvero un modello del sistema che permette, attraverso la definizione di una determinata struttura, di generare dei dati sul sistema che permettono di illustrare il comportamento dello stesso (*model behaviour*).

Nello studio dei sistemi e nella definizione del modello, si alternano due attività: delimitazione e determinazione del sistema. Queste due attività concernono la costruzione del modello e si riferiscono, rispettivamente, alla separazione dei componenti e relazioni d'interesse (attraverso l'astrazione) ed alla raccolta di informazioni sul sistema, ossia ciò che permette di delimitare e determinare il sistema. La struttura del sistema è la parte del sistema che viene delimitata e determinata nel modello ed è l'argomento principale sul quale verte tutta la seconda parte.

Questa seconda parte analizza, in particolare nel Capitolo 6, alcune nozioni che permettono di intendere l'economia come sistema complesso e la dinamica della sua struttura. Le proprietà emergenti danno luogo a nuove strutture del sistema e questa dinamica è legata alla complessità del sistema. Considerare dunque l'economia come sistema complesso implica contemplare l'incertezza del suo comportamento futuro come sistema. Ciò comporta anche, come si esamina nel Capitolo 7, il riconoscere che l'analisi sistemica dovrà affrontare dei cambiamenti di paradigma, in modo che riesca ad interpretare in maniera più efficiente la dinamica strutturale. Inoltre, in questa seconda parte e in particolare nel Capitolo 8, si analizzano i concetti di apertura e chiusura dal punto di vista organizzazionale e non sotto una concezione ed opposizione rigida e semplice tra il chiuso e l'aperto. Si analizzano in aggiunta alcuni tipi di cambiamento strutturale, quali quelli prodotti dai processi di assemblaggio (*assembling*) e di scomposizione (*disassembling*), considerando anche quelli in cui l'interazione tra le parti ha delle conseguenze sul tutto, ossia laddove l'interazione si produce 'dal basso verso

l'alto' (*bottom-up*) e quelli in cui il tutto (o un suo sub-sistema) determina il comportamento delle parti, dove quindi l'interazione è 'dall'alto verso il basso' (*top-down*). I summenzionati argomenti permettono in definitiva (nel Capitolo 9) di evidenziare la natura mutevole della struttura economica e servono da guida teorica ed interpretativa degli esempi presentati nella terza parte di questo studio.

6. ALCUNI CONCETTI DELLA TEORIA DEI SISTEMI

6.1 Sui sistemi

Un sistema³ è stato comunemente definito come un insieme di parti connesse tra loro (Bertalanffy, 1968, Ackoff 1971, Casti 1979, Skyttner 2001). Ci sono infiniti e svariati esempi di sistemi, quelli formati soltanto da parti interconnesse (sistemi semplici) e quelli di definizione più difficile (sistemi complessi, approfonditi nella Sezione 8.1), tali sono, (i) nel caso di quelli semplici, il pendolo, la ruota, un motore, una pianta, un computer, un apparecchio elettronico, una roccia, un atomo, ecc.; e, (ii) nel caso di quelli complessi, il corpo umano, il clima, il cervello, le persone (sia da una prospettiva sociale che da una psicologica), un'industria, una squadra di hockey, un'impresa, un ecosistema, una famiglia, un governo, l'economia, ecc. Morin (1977, Vol.1, p. 114-5) raccoglie e sintetizza alcune definizioni di sistema:⁴

Un sistema è 'un insieme di parti' (Leibniz, 1666), 'ogni insieme definibile di componenti' (Maturana, Varela, 1972). Le definizioni più interessanti mettono in connessione la caratteristica globale e l'aspetto relazionale: 'un sistema è un insieme di unità in reciproca interazione [*A system is a set of unities with relationship among them*]' (von Bertalanffy, 1956); è 'l'unità che risulta dalle parti in reciproca alterazione' (Ackoff, 1971); è 'un tutto [*whole*] che funziona come tutto sulla base degli elementi [*parts*] che lo costituiscono' (Rapoport, 1968a). Altre definizioni ci indicano che un sistema non è necessariamente né principalmente composto di 'parti'; taluni possono essere considerati come 'insieme di stati' (Mesarovic, 1962), e anche insieme di eventi (il che vale per ogni sistema la cui organizzazione è attiva), o di reazioni (il che vale per gli organismi viventi). Infine la definizione di Ferdinand de Saussure (che era un sistemista, più che uno strutturalista) è particolarmente ben articolata e soprattutto fa sorgere, connettendolo a quelli di totalità e di interrelazione, il concetto di organizzazione: il sistema è 'una totalità organizzata, composta di elementi solidali che possono essere definiti soltanto gli uni in rapporto agli altri, in funzione della loro collocazione in questa totalità' (Saussure, 1922). (Morin 1997, Vol. 1, pp. 114-5)

Nonostante, le appena citate definizioni di sistema escludono una serie di implicazioni legate al concetto di sistema e, pertanto, occorre fornire alcune precisazioni su ciò che viene

³ Sistema dal *lat. systemat*, SYSTÈMA, ordinamento, sistemazione; dal *gr. Systemat*, SYSTÈMA, tutto organizzato, corpo; composto della particella SYN con, insieme; dallo *synistanai* da unire, dal *histanai* dello *syn-* da causare, levarsi in piedi (Cortelazzo & Zolli 1991).

⁴ Morin (1977, Vol. 1, pp. 115) nella sua definizione di sistema distingue le parti costituenti del 'tutto', più precisamente, egli concepisce il sistema come unità globale organizzata di interrelazioni fra elementi, azioni o individui. Inoltre, Morin (1977, Vol. 1, p. 140) scrive sul concetto di sistema ciò che segue: 'gli oggetti fanno posto ai sistemi. Invece di essenza e di sostanza, l'organizzazione; invece di unità semplici ed elementari, le unità complesse; invece di aggregati che formano i corpi, i sistemi di sistemi di sistemi.'

definito come sistema. Ackoff (1973, p. 663), per esempio, definisce un sistema come un insieme di elementi legati tra loro, che però devono soddisfare le seguenti proprietà:

1. Le proprietà o il comportamento di ogni parte dell'insieme ha una serie di effetti sulle proprietà o comportamento del tutto.
2. Sia le proprietà e il comportamento di ogni parte del sistema, che il modo in cui loro influenzano il tutto, dipendono dalle proprietà e dal comportamento di almeno una delle altre parti. Dunque non ci sono delle parti che hanno un effetto indipendente sul tutto.
3. Qualsiasi possibile sottoinsieme di elementi ha le due proprietà sopracitate. Vale a dire, ogni sottoinsieme ha degli effetti sul tutto e gli elementi non possono essere definiti come sottoinsiemi indipendenti.

Un sistema non è un semplice aggregato di parti diverse, e neppure una sommatoria delle parti: “un sistema è un tutto indivisibile” (Ackoff 1973, p. 664) e per questo, il sistema come un tutto non può essere spiegato solamente considerando le parti che lo compongono.⁵

I sistemi sono stati studiati da punti di vista diametralmente opposti: quello ‘riduzionista’ e quello ‘olistico’.⁶ L’approccio riduzionista è un approccio atomista (per questo è stato anche chiamato ‘atomista’), con origini nella fisica newtoniana, e considera i sistemi come un insieme di parti indipendenti tra di loro che formano un tutto che non è altro che la somma delle parti.⁷ Invece, l’approccio olistico, già noto nella filosofia aristotelica, considera il sistema come un tutto superiore alle parti che lo conformano, in cui la totalità è

⁵ A questo argomento si riferisce Morin (1977, Vol. 1, pp. 109-11) partendo del ‘sgretolamento alla base’ (la fisica che all’inizio del XX secolo subisce un capovolgimento): il cambiamento di identità della particella elementare o elemento primo, ma inoltre si apre ‘la crisi’ dell’idea di oggetto e la crisi dell’idea di elemento. Sulla complessità della relazione tutto-parti che caratterizza i sistemi vedasi anche Morin (1977, Vol. 1, pp. 119-65).

⁶ Ackoff (1973, p. 664) definisce questi approcci, rispettivamente, come: l’approccio *analitico* e l’approccio *sintetico*. Egli riconosce però che è l’approccio *sintetico* quello che permette di comprendere i fenomeni, poiché si basa sul presupposto che non sempre la somma delle parti determina il funzionamento del sistema, perché, tra le altre ragioni, il comportamento del sistema dipende anche dell’ambiente con cui interagisce.

⁷ Tuttavia, le origini dell’approccio riduzionista si possono trovare ancora più in dietro nel tempo, nella filosofia greca ai tempi di Leucippo, Democrito ed Epicuro, nella loro teoria del atomismo. L’approccio riduzionista propone per spiegare enti e concetti di ridurli al minimo sufficiente. Questo approccio è perciò, in un certo senso, legato a quello atomista in filosofia, secondo il quale la natura, considerata assolutamente materiale, può essere compressa in termini di numero, forma e dimensioni degli ‘atomi’. Sulla validità della spiegazione riduzionista vedasi Morin (1977, Vol. 1, p. 110).

anche una caratteristica dei sistemi. I sistemi si comportano come un tutto inseparabile e coerente.⁸ Siccome un sistema è un tutto inseparabile e le sue parti costitutive sono connesse tra loro, qualsiasi cambiamento in una delle sue parti (o nel tipo di relazione) risulta in un cambiamento (diretto o indiretto) in tutte le altre parti e quindi nella totalità di quel sistema.⁹ Secondo Ackoff (1971, p. 661), i sistemi devono essere considerati nel loro complesso anche se i cambiamenti incidono su una o più parti che lo compongono, poiché è l'interazione tra le parti e come si aggiustano tra loro ciò che definisce il sistema come un tutto. Il sistema, infatti, potrebbe non raggiungere il suo obiettivo, anche se le parti svolgono le loro funzioni nel migliore dei modi. Morin (1977, Vol. 1, p. 140-3) piuttosto propone una concezione alternativa a quelle tradizionali — il riduzionismo e l'olismo —, quella del 'circuitto relazionale', secondo il quale esiste una ricorsività (reciprocità) nella descrizione del tutto e delle parti. La descrizione delle parti dipende di quella del tutto che dipende da quella delle parti, e dunque, tutto e parti formano un circuito (Vedasi Figura 13) che permette la spiegazione o descrizione del sistema.

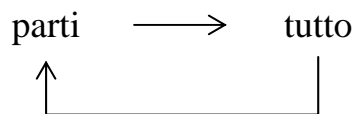


Figura 13: Circuito relazionale. (Fonte: Morin (1977, Vol. 1, p. 142))

Un altro chiarimento importante che occorre considerare nell'esame del significato di sistema è quello riferito alla soggettività che l'analisi sistemica comprende. Concepire qualcosa come un sistema dipende dall'osservatore (o analista) e da ciò che le interessa. Per questo motivo, Daellenbach (2003, p. 25) precisa che un sistema è un'idealizzazione o concetto individuale, creato in base ad una sorta di soggettività convenuta (*consensual subjectivity*).¹⁰ Questo argomento è ripreso nel Capitolo 8.2.

⁸ Nonostante ciò, la coerenza nel comportamento del sistema nel senso di uniformità e di logica è una proprietà confutabile e che genera dibattito nella teoria dei sistemi, soprattutto se i sistemi in esame sono i sistemi sociali.

⁹ Infatti, un'analisi artificiale di ogni una delle parti non è appropriata con l'oggetto di studio poiché l'analisi sistemica si concentra nella comprensione dell'organizzazione e la complessità.

¹⁰ Ogni 'modalità di ascolto' (*manner of listening*) dell'osservatore costituisce un criterio (o test) di verifica per accettare una spiegazione della realtà osservata (della *praxis*) formulata, ed è ciò che inoltre definisce il dominio della spiegazione, poiché è soltanto l'osservatore chi può accettare o rifiutare quelle spiegazioni in funzione se esse soddisfano o no la sua realtà o *praxis* (Maturana 1988a, p. 28).

Oltre a ciò, ci sono svariati concetti legati a quello di sistema, come per esempio quelli di: stato del sistema, astrazione, eventi, risposte, sinergia¹¹, entropia, omeostasi, autopiesi, ecc. E in più, la regolarità tra i fenomeni ha portato alla configurazione di tipologie di sistemi, come per esempio quelli di: sistemi aperti e chiusi, sistemi astratti e concreti, sistemi statici e dinamici, sistemi autopoietici, sistemi caotici, ecc.¹² Tutti questi concetti sono stati ampiamente studiati e presentati nella letteratura sui sistemi, e alcuni di loro sono richiamati nelle sezioni successive. Invece, in questa sezione si approfondisce soltanto quello dell'autopoiesi, teoria che consente la possibilità di spiegare i limiti e l'orientamento concettuale della presente ricerca.¹³

L'autopoiesi è la proprietà che hanno alcuni sistemi di auto-riprodursi¹⁴, ciò che implica che questi tipi di sistemi compiano delle operazioni che permettono loro di mantenere il proprio carattere unitario. Questi sistemi sono capaci di produrre continuamente le relazioni che costituiscono la loro organizzazione, anche in condizioni di continue perturbazioni provenienti dall'ambiente. Questo concetto è stato originalmente enunciato per la dinamica dei sistemi biologici¹⁵ (organismi viventi), e successivamente è stato interpretato e adattato anche per i sistemi sociali.¹⁶

I sistemi autopoietici sono sistemi autonomi (auto-organizzatori), individuali (identità propria), chiusi (non ci sono entrate o uscite), autoregolatori (omeostatici), autoreferenziali (caratterizzazione solo con riferimento a se stesso) e in evoluzione (riproduzione e/o

¹¹ Il significato del prefisso greco *syn* è *insieme*. La sinergia non è un termine proprio della teoria di sistema ma viene comunemente usata per fare riferimento all'azione combinata delle parti di un sistema, essendo questa aggregazione diversa dalla somma degli effetti o proprietà individuali degli elementi. I sistemi costituiscono un tutto inseparabile che non può essere spiegato dalla semplice somma delle sue parti, poiché dalla relazione tra le parti si derivano nuove proprietà del sistema, ossia delle proprietà emergenti. Vedasi Sezione 7.3.1.

¹² Su questo argomento vedasi Ackoff (1973, pp. 662-667). Inoltre per una sintesi sulle recenti evoluzioni sulla teoria dei sistemi aperti, i sistemi autoregolatori, i sistemi auto-organizzatori e i sistemi autopoietici, vedasi Vicari (1991 pp. 22-29).

¹³ Oltre a ciò la teoria autopoietica contiene molti spunti che sono serviti nella costruzione di nuovi approcci, tali quelli alle scienze cognitive e all'epistemologia della scienza (per esempio, in Gaylard 1996).

¹⁴ Autopiesi è una parola composta da due parole greche: 'auto' (da sé) e 'produrre' o 'poiesis' (creazione) (Maturana 1978, p. 36).

¹⁵ Concetto introdotto nella biologia da Humberto Maturana e Francisco Varela in *De máquinas y seres vivos* (1973) e in seguito pubblicato in *Autopoesis e cognizione* (1980).

¹⁶ Secondo Luhmann i sistemi sociali sono autopoietici ma non viventi, poiché questo termine ha un'accezione biologica. Vedasi, per esempio, il saggio *The Autopoiesis of Social Systems* di Luhmann (1986, in Geyer e van der Zouwen 2001); oppure i riferimenti sulla autopiesi nella sociologia in De Giorgi e Luhmann (1996), o i diversi frammenti sull'autopiesi e i sistemi sociali in Luhmann (1990).

transizione).¹⁷ Queste caratteristiche sono associate ad altre (come per esempio la retroazione e la cibernetica) e dunque un sistema può essere definito autopoietico solo se si considerano altri principi. Se si considera, per esempio, l'autonomia e l'autoregolazione, diventa necessario considerare principi come quello della retroazione (*feedback*) e della cibernetica. Il primo principio, quello di retroazione, è legittimo per qualsiasi sistema, ed è ancora più evidente nei sistemi chiusi. Gli elementi rimangono connessi e comunicati tra loro per rispondere a qualche azione che bilancia o sbilancia il sistema in generale o alcuni dei suoi elementi. L'idea basica di sistema racchiude il principio della retroazione, perché è comune ai sistemi che l'azione di un elemento abbia degli effetti sugli altri (diretta o indirettamente), e viceversa. Il principio della cibernetica¹⁸ comporta che il sistema abbia la capacità di raggiungere i suoi obiettivi, definiti a priori. Il principio della cibernetica è tipico dei sistemi che si auto-correggono senza richiedere la guida o il controllo di un agente o meccanismo esterno.¹⁹ Da una parte, la cibernetica si basa sul concetto di retroazione in quanto questo gli permette di reagire di fronte ad un cambiamento, di regolare il proprio comportamento. I meccanismi di controllo di un sistema richiedono che l'informazione di ciò che esce (*output*) ritorni a ciò che entra nel sistema (*input*). In generale, questo è concepito come causalità circolare, ovvero come circuiti chiusi integranti causa ed effetto. Nei sistemi cibernetici, il controllo si rende possibile attraverso il meccanismo di retroazione negativa, in cui l'effetto (*output*) è opposto alla causa (*input*). Ciò nonostante nella realtà economica si verificano circuiti positivi e uno degli esempi più rappresentativi di questi tipi di *feedback* positivi sono i cambiamenti tecnologici.²⁰ Infatti, Arthur (1990, p. 12) enfatizza che l'accettazione dei *feedback* positivi permetterebbe alla teoria economica di passare da essere semplice ad essere complessa, da essere determinista, prevedibile e meccanicista ad essere proceduralmente dipendente, organica e evolutiva. Da un'altra parte, la cibernetica o 'teoria delle macchine' è

¹⁷ Alcune delle caratteristiche dei sistemi autopoietici sono l'autonomia, l'individualità, l'unità e la chiusura (anche se fattori esterni possono innescare cambiamenti). Quest'ultima, la chiusura, non esclude la possibilità di interazione con altri sistemi, poiché il sistema autopoietico, come unità di interazioni, può appartenere a una più ampia unità di interazioni. (Vicari 1991 p. 28). Secondo Maturana e Varela (1985) le conseguenze dell'organizzazione autopoietica sono autonomia, individualità, unità e mantenimento dell'organizzazione, ovvero ciò che dà luogo alla definizione di sistema autopoietico come sistema omeostatico (sistema con una propria organizzazione da mantenere costante). Vedasi Maturana e Varela (1985, pp. 133-4).

¹⁸ Cibernetica è la scienza di controllo e comunicazione negli animali e nelle macchine (Wiener in Ashby 1963, p. 1). Questa scienza si occupa dello studio dei parallelismi tra macchine, sistemi e organismi viventi. Un approfondimento sulla scienza della cibernetica si trova nel classico libro di Ashby, B (1963): *Introduction to Cybernetics*.

¹⁹ Oggi tuttavia la cibernetica si è trasformata. I moderni sviluppi della cibernetica includono meccanismi di controllo basati su diversi processi; per esempio, meccanismi basati su processi evolutivi oppure meccanismi di controllo adattativi.

²⁰ Arthur (1990) dedica un suo articolo su questo argomento, in cui mette in risalto i diversi casi in cui si verificano circuiti positivi nella realtà economica. Sui *Positive Feedbacks in the Economy* vedasi Arthur (1990).

collegata con l'idea di sistema autopoietico come sistema omeostatico.²¹ Maturana e Varela (1985, p. 131) appunto su questo definiscono i sistemi (viventi) come macchine autopoietiche e queste ultime a loro volta come macchine omeostatiche:

Una macchina autopoietica è una macchina organizzata (definita come una unità) come una rete di processi di produzione (trasformazione e distruzione) di componenti che produce i componenti che: *i*) attraverso le loro interazioni e trasformazioni continuamente rigenerano e realizzano la rete di processi (relazioni) che li producono; e *ii*) la costituiscono (la macchina) come una unità concreta nello spazio nel quale essi (le componenti) esistono specificando il dominio topologico della sua realizzazione in quella rete. (Maturana & Varela 1985, p. 131)

La complessità è un'altra proprietà fondamentale di quasi la maggior parte dei sistemi, e come si vedrà nella Sezione 8.1, in particolare di quelli sociali. Nei sistemi autopoietici il concetto principale legato alla complessità è quello dell'autoreferenzialità, riferita alla capacità dei sistemi ad auto-osservarsi — e altresì di auto-organizzarsi. Più precisamente l'autoreferenzialità permette ai sistemi di adattarsi; i sistemi si adattano alla loro complessità ma sono regolati da loro stessi (e per loro stessi) attraverso un processo di selezione di processi. L'autoreferenzialità tuttavia esige una certa consapevolezza del funzionamento del sistema e degli obiettivi definiti, e questo non risulta evidente nei sistemi sociali, soprattutto in quelli di natura macroeconomica, poiché comporterebbe, per esempio, l'adempimento della condizione delle aspettative razionali e adattativi, perfetta informazione e anche una certa chiusura operativa.²² Si può dire però che certi sistemi sociali (specialmente a livello microeconomico) essendo considerati di tipo cognitivo possono essere sistemi autoreferenziali. È il caso delle imprese che sono considerate come sistemi che determinano le proprie scelte e la loro produzione compatibilmente con le peculiari caratteristiche delle loro componenti, in un processo che permette di mantenere l'organizzazione propria del sistema attraverso una continua autocreazione delle proprie componenti.²³ Questo processo

²¹Un sistema omeostatico è un sistema la cui dinamica è omeostatica, ovvero un sistema caratterizzato da meccanismi che la condizione di stabilità interna degli organismi, questa condizione si mantiene attraverso meccanismi autoregolanti anche quando variano le condizioni dell'ambiente esterno al sistema. Si può dire che la stabilità nei sistemi omeostatici è una sorta di equilibrio dinamico, in cui accadono cambiamenti continui in modo che certe condizioni prevalgano nel sistema. Vedasi inoltre Sezione 6.3 per una definizione di omeostasi.

²² L'astrazione è il processo che permette di assumere come sistema una parte del mondo reale e implica una delimitazione di ciò che appartiene al sistema e ciò che si considera come l'ambiente esterno, quindi implica chiudere il sistema in modo che esibisca un'unità. Vedasi inoltre Sezione 8.2.

²³ "(...) un'impresa è capace di compiere scelte solo in conformità agli elementi interni all'impresa stessa: i suoi manager, le sue strutture, i suoi impianti, i suoi prodotti, la sua tecnologia, le sue relazioni, la sua cultura, in una parola la sua conoscenza." (Vicari 1991, p. 30)

tuttavia deve essere considerato come un processo di tipo circolare e, come detto prima, con un approccio cognitivo.

Un altro argomento centrale per la teoria autopoietica, e di interesse per l'interpretazione del cambiamento strutturale, è la distinzione tra organizzazione e struttura.²⁴ Un organismo vivente esiste nella misura in cui la sua organizzazione rimane invariabile ed è autopoietica. L'organizzazione è l'insieme di elementi e relazioni che danno forma e definiscono il sistema come un'entità di un determinato tipo. Invece la struttura è l'insieme concreto in un dato spazio dei componenti che costituiscono una determinata entità individuale. In altre parole, l'organizzazione è comune a tutte le unità che appartengono ad una determinata tipologia e la struttura è individuale e propria di ogni entità. L'organizzazione specifica l'identità delle unità composte (i sistemi), le sue proprietà in quanto unità (o insieme intero) e il contesto al quale deve essere riferito un unico tutto. Un'organizzazione è un insieme di relazioni che definiscono un sistema come un'unità e determinano la dinamica delle interazioni e trasformazioni che essa subisce. La struttura è l'insieme di componenti — e le loro relazioni — che si integrano in un sistema determinato e in uno spazio determinato. Secondo Maturana (1988b), un sistema è un'unità composta (*composite unity*) che possiede un'organizzazione e una struttura. L'organizzazione viene determinata dalla configurazione — dinamica o statica — tra i componenti, ovvero dalle relazioni tra i componenti del sistema, le quali definiscono la classe particolare che identifica il sistema come di una unità di un certa tipologia o genere. Invece, la struttura di un sistema, sia statico o dinamico, viene definita dalle parti e le loro relazioni che, inoltre, stabiliscono una determinata organizzazione. La struttura è il modo in cui il sistema viene composto da parti e loro relazioni in uno spazio particolare. La struttura di un sistema — con una certa organizzazione o di un certo tipo — viene conservata sempre che la struttura di esso venga disposta per compiere l'organizzazione che lo definisce come di un certo tipo (o con una certa identità).

Le relazioni che definiscono una macchina come unità, e determinano la dinamica di interazioni e di trasformazioni che essa può supportare in quanto unità, costituiscono l'*organizzazione* della macchina.

²⁴ Organizzazione è una parola che viene dal termine greco *organon* che significa *strumento* e si riferisce alla partecipazione strumentale dei componenti di un'unità di un determinato tipo (Maturana 1978, p. 32). Struttura deriva dal verbo latino *struere*, che significa *costruire* e si riferisce al processo di costruzione e anche ai particolari componenti (e le loro relazioni) di un'unità. (Maturana 1978, p. 32).

Le effettive relazioni che hanno luogo tra i componenti che integrano una macchina concreta in un dato spazio, costituiscono la sua *struttura*. (Maturana & Varela 1985, p. 129)

Le nozioni di scopo o funzioni sono correlate all'aspetto organizzativo delle macchine. Dire che l'organizzazione delle macchine abbia uno scopo o fine conferma la certezza delle nozioni di autoreferenzialità, chiusura, omeostasi e individualità. La teleotomia, ovvero il progetto o programma nell'organizzazione dei sistemi viventi, è soltanto un artificio che appartiene al dominio delle descrizioni. Tale artificio non rivela alcun aspetto dell'organizzazione, bensì rivela la consistenza nelle operazioni entro il campo di osservazione. In questo modo, anche il ruolo dell'osservatore diventa importante nella considerazione di un sistema autopoietico (o 'macchina' autopoietica), poiché le relazioni coinvolte nella nozione di funzione non sono costitutive dell'organizzazione di un sistema autopoietico, e ogni riferimento ad uno stato precedente per spiegarne uno successivo in termini funzionali è un artificio della sua descrizione.²⁵ (Maturana & Varela 1985, pp. 140-141)

Un sistema, secondo la teoria autopoietica, è specificato come un'entità unitaria di interazioni dalla sua organizzazione, la quale determina che ogni cambiamento in essa deve aver luogo in modo subordinato al suo mantenimento (determinando condizioni e confini di ciò che appartiene, e non, al sistema). Se i cambiamenti non permettessero di mantenere l'organizzazione, si perderebbe quell'aspetto dell'organizzazione del sistema che lo definisce come unità (e quindi lo stesso si disintegrerebbe). L'organizzazione è invariabile, perché da essa dipende la sopravvivenza dell'organismo (quando questa cambia, l'organismo muore); la struttura invece può cambiare senza che l'organizzazione cambi. In altre parole, se l'organizzazione cambia il sistema si dissolve, ma la struttura può cambiare senza che l'organizzazione si dissolva. Mentre i sistemi vivono, l'organizzazione rimane costante e si producono dei cambiamenti nella struttura.

²⁵Luhmann e De Giorgi (1985, p. 22-25) nella loro distinzione di sistema e ambiente si riferiscono al ruolo dell'osservatore. L'autopoiesi viene considerata come un livello di analisi della società, e di essa utilizza la chiusura operativa (o autoreferenzialità) e l'idea relativa al modo circolare, in cui il ruolo dell'osservatore è quello di 'distinguere e indicare', ovvero di formulare la causalità.

Un sistema cambia la sua dinamica (cambiamento delle variabili di stato), ovvero il suo comportamento, ma conserva la sua identità (organizzazione) anche se si producono dei cambiamenti nella loro struttura. Secondo la teoria autopoietica pertanto, la dinamica dei sistemi (autopoietici) è ciò che permette al sistema di mantenere la sua unità (ovvero la conservazione dell'organizzazione) attraverso continui cambiamenti strutturali. Infatti se l'organizzazione di un sistema non viene conservata attraverso cambiamenti strutturali, il sistema perde sua identità, si disintegra e, al suo posto, appare un altro sistema.

Certi cambiamenti di tipo strutturale tuttavia implicano cambiamenti nell'organizzazione del sistema. Questi tipi di cambiamenti sono chiamati 'cambiamenti distruttivi' (*destructive changes*) e sono conseguenza di un processo di disintegrazione. Per ogni unità o entità, in qualsiasi modo sia definita, la perdita dell'organizzazione conduce alla sua disintegrazione. La particolarità dei sistemi viventi è che essi si disintegrano ogni volta che la loro organizzazione autopoietica si sgretola (e non nel senso che essi possono disintegrarsi). I cambiamenti nel sistema devono avvenire senza interferire con il suo funzionamento come unità; e così, la sua ontogenesi²⁶ è l'espressione dell'individualità del sistema e il modo mediante il quale quest'individualità viene realizzata (Maturana & Varela 1985, p. 142).

In questo modo, secondo la teoria autopoietica, qualsiasi cambiamento strutturale che causi la disintegrazione dell'unità del sistema è definito come cambiamento distruttivo. È proprio in questo senso che il presente lavoro concepisce il cambiamento strutturale, cioè come un cambiamento nell'identità del sistema o cambiamento delle entità (Domingo e Tonella 2000, p. 209). Pertanto, ciò che per la teoria autopoietica è un cambiamento strutturale, in questo lavoro è una variazione (strutturale), ossia un cambiamento di stato o cambiamento quantitativo, ma non un cambiamento strutturale. In altre parole, si considerano cambiamenti strutturali quelli che, secondo la teoria autopoietica, sono 'cambiamenti distruttivi'; ossia cambiamenti in cui il processo di disintegrazione fa sì che cambino le proprietà e le relazioni del sistema, ovvero la sua identità (vedasi Sezione 6.3 e Capitolo 8).

²⁶ L'ontogenesi è la storia del mantenimento dell'identità del sistema, ovvero la storia delle trasformazioni strutturali del sistema.

Molti sistemi sociali producono e riproducono le condizioni della loro esistenza nel tempo e nello spazio, pur se soggetti a mutamenti della loro organizzazione, come per esempio è avvenuto con l'organizzazione socio-economica dei paesi che sono passati da un regime politico ad un altro, oppure con la transizione dell'organizzazione economica nei paesi con economie emergenti, in via di sviluppo, in periodo d'industrializzazione, ecc. L'organizzazione sociale di questi sistemi si mantiene e si riproduce durante un determinato tempo, ma non in maniera indefinita, poiché gli obiettivi e le tendenze sociali cambiano nel tempo e dunque anche la maniera in cui la società si organizza. Pertanto, nonostante le formulazioni della teoria autopoietica, molti sono i cambiamenti di tipo strutturale che derivano dalla disintegrazione dell'organizzazione (cambiamenti distruttivi), poiché i sistemi sociali sono vulnerabili agli effetti di perturbazioni. La storia ci fornisce ripetuti esempi che evidenziano degli episodi in cui non è possibile il controllo delle variabili che definiscono una situazione. Così, e come detto nei paragrafi precedenti, risulta difficile trovare esempi economici, con un'organizzazione autopoietica che si mantenga nel tempo.

Da punti di vista particolari tuttavia, come per esempio dal punto di vista dei processi di controllo (o bilancio) naturale, della permanenza nel tempo, dell'autoreferenzialità o dell'autocreazione, l'organizzazione di molti sistemi sociali si può esaminare utilizzando delle analogie autopoietiche. Meccanismi di bilanciamento naturale, tipici del principio di retroazione negativa²⁷, ossia meccanismi di risposta per correggere uno stato o per raggiungere un obiettivo, sono presenti in certi sistemi o situazioni sociali, come per esempio le tendenze naturali della popolazione a ridursi o crescere di fronte a meccanismi di perturbazione, come epidemie, qualità di vita, mercato del lavoro, ecc.²⁸ Nondimeno, risulta difficile incontrare esempi di sistemi sociali ed economici, fondati sul principio della autopoiesi (in particolare, se si considera tutto ciò che permette di definire un sistema come autopoietico). Per esempio, soltanto teoricamente un sistema capitalistico puro (modello ideale) si potrebbe considerare un sistema che mantiene la sua organizzazione autopoietica, poiché si potrebbero distinguere principi come quello di riproduzione, di retroazione (e autoregolazione), di autoreferenzialità, della cibernetica, omeostasi, ecc. Oltre a ciò, secondo

²⁷ La retroazione negativa è caratterizzata dall'omeostasi perché permette raggiungere e mantenere la stabilità delle relazioni. La retroazione positiva provoca una perdita di stabilità o di equilibrio. In questo caso i dati reintrodotti aumentano la deviazione in uscita rispetto ad una norma prestabilita o previsione dell'insieme, destabilizzando in questo modo il sistema.

²⁸ Esempi di sistemi sociali caratterizzati dal processo autopoietico sono più evidenti in livelli microeconomici, come nel caso di organizzazioni come le imprese. Vedasi Vicari (1991).

Maturana e Varela (1985, p. 144) un sistema autopoietico si concepisce come un insieme chiuso di relazioni (che altresì definiscono l'organizzazione) definite in uno spazio nel quale si realizza come sistema concreto, in questo senso, l'organizzazione di un sistema capitalistico potrebbe essere interpretata come autopoietica.

Nonostante, i paragrafi precedenti sono stati dedicati ad abbozzare un'idea di ciò che tratta la teoria autopoietica, queste considerazioni non vanno intese come una base teorica. Questo lavoro non si serve della teoria autopoietica come analogia o metafora per analizzare e delucidare i suoi argomenti centrali — i sistemi sociali e il cambiamento strutturale. Invece, accennare il tema autopoietico ha permesso, oltre a permettere di fornire alcuni commenti sul campo della presente ricerca, di rendere più evidente la prospettiva della presente analisi. La distinzione tra organizzazione e struttura che la teoria autopoietica propone, può essere interpretata come una distinzione tra due livelli, in cui la struttura è il livello di tipo operativo, ovvero quello in cui si materializza l'autopoiesi; e l'organizzazione è il livello tassonomico (*class identity*). Nella teoria autopoietica le relazioni tra gli elementi costitutivi del sistema sono ciò che determinano l'organizzazione della struttura. Sebbene questo lavoro non intenda distinzioni del genere, poiché la struttura del sistema non viene definita qui dentro un contesto spazio-temporale. Invece, la struttura viene qui considerata come ciò che definisce il sistema come entità e che ha implicita un'organizzazione. Per questo motivo, e come è stato precedentemente accennato, ai fini di questa ricerca, 'cambiamento strutturale' equivale a ciò che la teoria autopoietica intende per 'cambiamento distruttivo'.

Oltre a ciò, dal momento che questo lavoro non considera il cambiamento strutturale come la disintegrazione dell'organizzazione sistema, bensì come la composizione o la creazione di un nuovo sistema, qui si considera più conveniente parlare di cambiamento strutturale come 'cambiamento costruttivo'. Per di più, una distinzione tra organizzazione e struttura non è del tutto accessibile quando i sistemi in questione sono astratti, di cui il linguaggio e i sistemi numerici sono uno esempio.²⁹ Dal punto di vista della cognizione tuttavia in questa ricerca si riconosce l'utilità della teoria autopoietica. Molti sistemi

²⁹ I sistemi astratti sono quelli in cui gli elementi sono concetti e le relazioni sono create da supposizioni. Sulla classificazione di sistemi e sui concetti legati a quello di sistemi vedasi Ackoff (1971), pp. 662-4.

economici e sociali sono stati interpretati dal punto di vista della cognizione e un possibile scambio interdisciplinare con la teoria autopoietica potrebbe apportare capacità interpretativa alle nuove metodologie e approcci per i modelli economici (approcci che però esulano dal costruito teorico di questa ricerca), come per esempio l'approccio conoscitivo di modellare e simulare ad agenti. Non c'è dubbio che la complessità implicita nella interazione dei componenti sociali — e la sua conoscenza — con l'economia non può essere semplificata e rappresentata soltanto in termini numerici sprovvista di cambiamenti strutturali.

Da ultimo, diventa importante anche accennare che l'autopoiesi non contempla i fenomeni che producono un cambiamento della struttura dei sistemi sociali al di là dalla volontà dei suoi elementi costitutivi oppure dei cambiamenti imprevedibili.³⁰ La realtà economica permette con certa facilità di richiamare alla mente situazioni in cui gli attori sociali hanno delle abilità deduttive limitate rispetto al sistema che raffigurano, comunicazione imperfetta, oltre che ad un'alta dipendenza contestuale. Quest'ultima si contrappone con la chiusura operativa di cui si vale (e in cui si basa la relazione tra sistema e ambiente) la teoria autopoietica, la quale, insieme al ruolo dell'osservatore, viene esposta nel Capitolo 8. Così, i sistemi economici sono caratterizzati da situazioni inaspettate e da nuove situazioni che cambiano il contesto economico costantemente, ed è soltanto la struttura del sistema che determinerà quali di queste situazioni daranno luogo a cambiamenti strutturali o a semplici cambiamenti di 'stato' del sistema.

6.2.Sui modelli

Un 'problema' esiste quando sorgono dei quesiti sulla realtà osservata, sia per conoscere l'entità reale o delle progettazioni (essere viventi, società, robot, edificazione, istituzioni, ecc.), sia per cambiare tale entità, oppure per cambiare il suo ambiente circostante. La definizione di un problema dipende dal tipo di problema e i tipi di problemi sono tanti quante sono le proprietà e attività associate ad un'entità. Lo strumento maggiormente usato per risolvere i problemi sono i 'modelli'.

³⁰ Giddens (1999, p. 27) scrisse che la storia umana è stata creata da attività intenzionali ma mai progettate (*human history is created by intentional activities but is not an intended project*).

La definizione di un problema rende a precisare gli aspetti di cui si è interessato nello studio. Questo fa sì che la definizione del problema cambierà a dipendenza degli aspetti di volta in volta considerati. La delimitazione si stabilisce attraverso l'osservazione e l'analisi di una parte dell'universo, ossia della considerazione di un sistema che si riferisca al problema. In altre parole, la definizione o delimitazione del problema è la composizione di un'idea generale del sistema tramite la concretizzazione del problema. Tale definizione è realizzata attraverso 'l'astrazione' (argomento che sarà ripreso nella Sezione 8.2). Unicamente gli aspetti rilevanti per la risoluzione del problema saranno presi in considerazione nel modello del sistema, vale a dire che la rappresentazione del sistema — in un modello — dipenderà dal problema.³¹ Il modello è esaminato con lo scopo di acquisire conoscenze sul sistema in modo da poter risolvere il problema. Questo esame o sperimentazione sul modello richiede l'uso di una metodologia, che in generale è basata sulla costruzione di modelli matematici (anche questo argomento viene ripreso nei paragrafi successivi).³²

Secondo Domingo (1998, p. 64), il modello di un sistema è un dispositivo per risolvere dei problemi. Solitamente però questi problemi sono risolti attraverso una graduale esclusione dei problemi stessi, vale a dire sono risolti diminuendo l'entropia del sistema.³³ Il sistema si protegge, si mantiene in qualche modo chiuso e in un ordine o a livelli che può controllare. Questo accade, per esempio, in certe società in cui esistono dei gruppi 'integrati e dei gruppi 'emarginati' (o esclusi): la società si divide in una parte organizzata (che partecipa alla vita economica, nelle decisioni, ecc.) e in un'altra esclusa e marginata. Questa è una 'struttura selettiva' che permette di risolvere i problemi del sistema (di quello organizzato)

³¹ Dipenderà anche dal modellatore, dalle sue conoscenze sul sistema, le sue intenzioni, le sue convinzioni, la tendenza scientifica, ecc. La descrizione del modello contiene dei fattori personali i quali sono compresi nella *Weltanschauung* dell'individuo (Daellenbach 2003, p. 26).

³² Tra le tecniche matematiche e informatiche più usate come metodo di risoluzione di problemi ci sono: l'analisi statistica, basi di dati, ricerca operativa (programmazione lineare e non lineare, ecc.), analisi numerico, teoria di controllo, dinamica di sistema, sistemi esperti, tecniche di intelligenza artificiale (cibernetica), modelli e simulazioni matematiche, teoria del caos, ecc.

³³ L'entropia è la misura del disordine che esiste in un sistema, e implica la tendenza naturale d'alcuni sistemi a sviluppare processi di disordine interno. I sistemi sociali hanno una tendenza entropica (tendenza al disordine), e i loro elementi costitutivi si sviluppano e si relazionano in modo che influiscono sul cambiamento di carattere imprevedibile del sistema. Nei sistemi sociali l'ordine o la diminuzione dell'entropia si ottiene con i processi di controllo sociali, con i quali si promuove l'ordine. Questi processi di controllo sociali sono del tipo 'negentropici' e sono delle leggi, regole e politiche sociali che influenzano il sistema con lo scopo di conservare l'ordine interno del sistema. Risulta evidente come i modelli economici classici e neoclassici hanno fatto enfasi nella rappresentazione di sistemi con bassa entropia e innanzitutto che si concentrano nel mantenimento dell'omeostasi (lo stato d'equilibrio, o la tendenza d'alcuni sistemi a raggiungere l'equilibrio).

malgrado non si consideri il sistema analogo, quello emarginato. Si risolve, dunque, il problema riducendo l'entropia del sistema e aumentando però l'entropia del sistema analogo.

Il modello di un sistema può essere visto come un altro sistema, in cui gli elementi e le relazioni corrispondono al sistema originale (Domingo 1998, p. 50). Questa corrispondenza però non è biunivoca, poiché il sistema avrà delle proprietà che il modello non include, e viceversa.³⁴ In altre parole, siccome il modello è una semplificazione della realtà, è attraverso esso (il modello) che si studia il sistema e su cui si esperimenta. In generale, questa semplificazione ha come conseguenza che esistono delle differenze tra il comportamento del sistema e il modello. I modelli pertanto sono artificiali: sono il prodotto dell'analisi e a loro volta sono costruiti per analizzare il sistema che rappresentano. Vale a dire che sistema e modello sono concetti reciproci e ricorsivi. Ma sebbene 'modello' e 'sistema' sono concetti reciproci, la loro differenziazione diventa cruciale per l'analisi del cambiamento strutturale.

In linea con quanto esposto in precedenza e focalizzandosi sull'argomento di questa breve sezione, diventa di rigore precisare quello che all'attività di modellistica (*modelling*) concerne. Modellare è una complessa attività associata alla costruzione di esemplari del mondo reale. Da questa definizione scaturiscono due considerazioni evidenti: da una parte, modellare come attività *in se* complessa che rappresenta la complessità che si presenta ai nostri occhi come una normale caratteristica del mondo reale.³⁵ Dall'altra parte, l'attività di modellare il mondo reale o i sistemi reali deve partire dall'identificazione degli elementi del sistema e le loro relazioni.³⁶

Solitamente l'attività di modellare sfocia in un'altra attività: la simulazione. Entrambe attività comportano una certa complessità e permettono la rappresentazione del mondo reale. Come già menzionato, la definizione del sistema e l'identificazione delle relazioni interne e con l'esterno costituiscono il punto di partenza delle suddette attività. In particolare, alla modellistica spettano gli elementi del mondo reale e i modelli, e alla simulazione spettano la

³⁴ Come accennato nella Sezione 8.2, il motivo di questa incompleta corrispondenza è il processo d'astrazione sul quale si fonda la costruzione di un modello.

³⁵ Questa definizione però rischia di essere un controsenso (o paradosso), poiché nonostante modellare sia un'attività complessa è anche una semplificazione della complessa natura della realtà. In altre parole, un modello è una semplificazione dei sistemi complessi reali, ma pur essendo un'attività di semplificazione è in ogni modo un'attività *in se* complessa. Modellare dunque è un processo complesso che permette di rappresentare la complessità, semplificandola.

³⁶ Sull'argomento dell'astrazione vedasi Sezione 8.2

relazione tra i modelli e i calcoli matematici in generale, cioè le operazioni matematiche che permettono la valutazione delle possibilità e che vengono svolte in generale attraverso procedure digitali.³⁷ Zeigler (1976, p. 4) caratterizza questo processo attraverso tre elementi e due relazioni come si mostra nella Figura 14. Il presente lavoro però, come è stato menzionato, si limita all'approfondimento del processo che riguarda la modellistica.

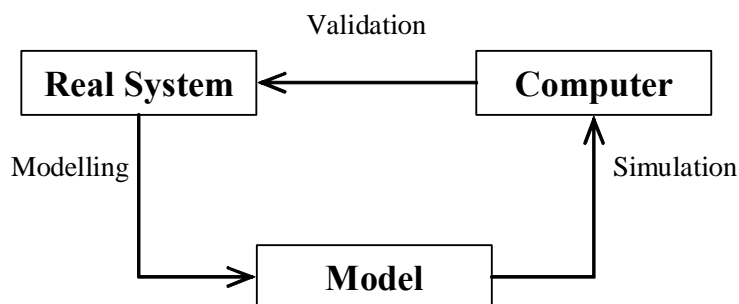


Figura 14: Elementi basilari e le relazioni del processo di modellazione e simulazione.³⁸
(Fonte: elaborazione dell'autore, costruito in base a Zeigler 1976, p. 3)

Oltre a ciò, l'analisi strutturale è costretta allo studio della natura dei sistemi reali, e ineluttabilmente una teoria sulla dinamica economica strutturale richiede una delimitazione dell'oggetto di studio e della puntualizzazione del metodo, le quali appunto, sono comprese nella relazione tra il sistema reale e il modello, ossia nell'attività di modellistica.

Con i modelli si prova a riportare in processi semplici la grande varietà di fenomeni naturali, come ha fatto, per esempio, la fisica classica. In certi tipi di sistemi complessi, tuttavia, questo tentativo di avere una descrizione approssimativa del sistema reale non risulta evidente, poiché l'utilizzo di semplificazioni concettuali può condurre a modelli poco realistici, come è il caso di molti modelli di sistemi sociali. La descrizione del fenomeno contiene implicitamente una scelta particolare del livello d'astrazione, ossia una scelta delle variabili 'rilevanti' e di quelle considerate come 'fluttuazioni'. Ciononostante questa scelta è naturale e comune a qualsiasi osservatore macroscopico del fenomeno.

³⁷ La simulazione permette di sperimentare con il sistema soprattutto quando la sperimentazione diretta sul sistema non è possibile per motivi quali, i costi, tempi e l'impossibilità di isolare il sistema. Inoltre, richiede l'uso di metodi statistici e quindi di data, ma la disponibilità e affidabilità della data è una delle grandi difficoltà per l'analisi. Kuznets (1951, 1955) discute su questa difficoltà e include altre limitanti (o difetti) della data statistica, come per esempio che data statistica non contempla i fatti storici di rilievo (Kuznets 1951, p. 259).

³⁸ Questa ricerca soltanto si limita all'analisi di ciò che all'attività di modellazione concerne, ovvero di ciò che è stato presentato nella Figura 14 come la relazione di *modelling*.

Un approfondimento del precedente argomento e la presentazione di qualsiasi modello di riferimento per l'analisi della dinamica economica strutturale richiede come punto di partenza della precisazione dei termini e dei concetti che concernono al processo di modellare il mondo reale. A questo scopo, si espongono continuazioni alcune delle precisazioni concettuali proposte da Zeigler (1976, pp. 3-26). In primo luogo, il campo di studio del modellatore è un sistema reale, e questo ultimo è la parte del mondo reale di cui si è interessato.³⁹ Il sistema può essere naturale o artificiale, esistente o pianificato per il futuro. Ma nel caso dei sistemi sociali, questa distinzione non risulta evidente e non può essere considerata come mutuamente esclusiva.⁴⁰ Inoltre, il sistema reale costituisce una fonte di dati, soggetta ad una temporalità. Tutto ciò che accade nel sistema reale capita in un momento preciso del tempo e, per questo motivo, i modelli sono riferiti ad un tempo. I modelli possono generare dati sul sistema.⁴¹ Più precisamente i modelli sono un insieme di istruzioni che permettono di simulare il comportamento della struttura del sistema e dunque permettono di generare dei dati temporali sulla suddetta struttura. Vale a dire, la forma di rappresentazione del modello – solitamente attraverso equazioni differenziali, formalizzazione attraverso eventi discreti, ecc. – fornisce le istruzioni per generare dei dati della struttura del sistema. I modelli in sé non permettono di generare direttamente dei dati, mentre sono le diverse operazioni matematiche applicate al modello a generare i dati. E i dati, a loro volta, permettono di definire il comportamento del sistema.

Dal paragrafo precedente è importante sottolineare la differenza tra sistema reale e la struttura del sistema rappresentata nel modello. La struttura del sistema è la forma particolare che ha il modello del sistema. La differenza tra il comportamento del modello⁴² e la struttura del modello è resa chiara da Zeigler (1976, p. 5): il comportamento del modello è ciò che il

³⁹ In economia il sistema reale da considerare è molteplice come le definizioni dello scopo di essa come scienza. In più dipende se essa viene considerata sotto l'approccio della micro o della macroeconomia. In altre parole, il sistema reale economico considerato può essere il processo di produzione, distribuzione e consumo di una nazione o di un'azienda, può essere un governo, un mercato, un'industria, il prodotto interno, le banche, le finanze pubbliche, il comportamento umano, il lavoro, i mezzi di produzione, la tecnologia, le risorse disponibili, ecc., oppure un insieme di essi.

⁴⁰ Il disegno di una nuova politica, per esempio, può essere considerato un meccanismo artificiale e pianificato per raggiungere un determinato scopo economico o sociale futuro. Una comunità qualsiasi che forma parte di una città qualsiasi può essere considerata un raggruppamento umano naturale, oppure può essere considerata artificiale nel caso in cui si consideri l'infrastruttura di quella città; le città sono un esempio chiaro poiché sono state considerate come naturali, ovvero come una risposta alle necessità umane e un risultato dell'evoluzione naturale, ma in altri casi sono state considerate come risultati di processi decisionali di mobilitazione in massa e di pianificazione urbana. Ad ogni modo, queste precisazioni sono di secondaria importanza per lo scopo di questo capitolo.

⁴¹ I calcoli basati sul modello e che a loro volta generano dei dati sulla struttura del sistema è ciò che viene chiamato '*comportamento del modello*' (Zeigler 1976, p. 5).

⁴² Ovvero dei dati che si ottengono dal modello.

modello fa (*behavior is what the model does*), invece la struttura del modello è ciò che si vuole rappresentare dal sistema, ossia la struttura del modello è ciò che fa che il modello si comporti come si comporta (*structure is what makes it do what it does*). Sulla definizione di struttura vedasi la Sezione 6.3.

Riprendendo l'argomento principale di questa sezione — i modelli — si considerano altri due aspetti importanti per la comprensione di alcuni concetti che in questa seconda parte vengono esposti e a loro volta servono come fondamento teorico della Parte III. Questi due aspetti relazionati con il concetto di modello sono: le categorie (o tipi) dei modelli e la validità dei modelli.⁴³ Sul primo aspetto, si presentano nella Tabella 3 le categorie esposte da Zeigler (1974, p. 22), secondo le quali i modelli si possono classificare secondo il tempo, i ranghi delle variabili descrittive, il tipo di variabili considerate, l'interazione del sistema con l'ambiente circostante, le regole d'interazione e la dipendenza temporale (o memoria). I seguenti paragrafi sono invece destinati a commentare brevemente ciò che si riferisce alla validità dei modelli.

La validità del modello, ovvero la sua capacità per rappresentare la realtà, è misurata dalla corrispondenza tra la data reale e la data generata dal modello. D'accordo con Zeigler (1976, p. 5) ci sono tre 'gradi' per misurare la validità del modello: in primo luogo, la data generata deve corrispondere con data ricavata dal sistema reale, in secondo luogo, la data generata dal modello deve servire per la previsione dello stato del sistema reale, ossia che il modello sia capace di generare la data prima che la data possa essere ricavata dal sistema reale, e per ultimo, il modello deve essere strutturalmente valido. La validità strutturale si riferisce alla capacità del modello di riprodurre il comportamento osservato nel sistema reale, in altre parole la struttura del modello deve riflettere i processi che si svolgono dentro il sistema. Evidentemente, se il modello non è strutturalmente valido difficilmente la data generata da esso corrisponderà a quella ricavata dal sistema reale e il modello perciò non permetterà di prevedere gli stati successi del sistema.

⁴³ Questo lavoro però riconosce come approccio più legittimo quello di Sterman (2000, p. 846) secondo il quale la correttezza di nessun modello può essere convalidata e neppure verificata, poiché tutti i modelli sono sbagliati considerando che tutti i modelli sono rappresentazioni limitate e semplificate del mondo reale.

Categoria	Tipi	Definizione
Temporale	Continuo: Eventi Discreti Equazioni Differenziali Discreto	<p>La base temporale dei modelli secondo il quale si specificano gli eventi nel sistema, e può essere continua o discreta, vale a dire, rispettivamente, basato su flussi continui di tempo o su periodi di tempo (passaggio di una intera unità di tempo alla seguente).</p> <p>I modelli continui a sua volta si dividono in modelli con eventi discreti e modelli con equazioni differenziali. La specificazione attraverso equazioni differenziali corrisponde ai modelli in cui la base temporale è continua (ed anche i limiti di variazione delle variabili). Invece, nei modelli con eventi discreti, pur considerando il tempo in maniera continua, gli eventi accadono in maniera discontinua oppure in momenti specifici e separati nel tempo.</p>
Ranghi di fluttuazione	Continuo Discreto	<p>I limiti nei quali possono fluttuare le variabili descrittive può essere anche continuo o discreto, in dipendenza, rispettivamente, se le variabili possono assumere valori contenuti nei numeri reali oppure valori discreti. Esistono anche delle variabili che ammettono valori misti.</p>
Casualità	Probabilistico Determinista	<p>L'incorporazione o non di variabili casuali è un'altra categoria. Un modello probabilistico o stocastico contiene al meno una variabile casuale, in contrasto con i modelli deterministi che non contengono variabili di questo tipo.</p>
Ambiente circostante	Autonomi Non Autonomi	<p>La maniera come viene considerata la relazione del modello con l'ambiente esterno definisce un'altra categoria: modelli autonomi e non autonomi. I modelli autonomi sono chiusi all'influenza dell'ambiente, quindi escludono qualsiasi influenza dell'esteriore. I modelli non autonomi sono aperti all'influenza dell'ambiente, ma le variabili d'entrata (<i>input variable</i>) non vengono controllate dal modello.</p>
Interazione temporale	Variante Invariabile	<p>Sono modelli di tempo variante quelli che ammettono regole d'interazione tra le variabili diverse in ciascun momento del tempo. Quando le regole d'interazione si basano nei limiti dei valori che le variabili descrittive possono assumere i modelli sono di tempo invariato.</p>
Dipendenza storica	Dipendente Indipendente	<p>Queste categorie di modelli si riferiscono ai legami o non che hanno le risposte del sistema agli eventi del passato, ossia se sono o non influenzati dalla storia, hanno memoria.</p>

Tabella 3: Categorie fondamentali dei modelli (Fonte: Zeigler 1976, p. 22)

Riuscire ad ottenere un modello valido, innanzitutto dal punto di vista strutturale, è forse l'obiettivo più importante della attività scientifica. Infatti, la scienza, in una maniera o in un'altra, tenta costantemente di capire come funzionano i sistemi reali, e usa i modelli per

formulare ipotesi sulla struttura inaccessibile della realtà.⁴⁴ D'altronde, constatare però, la correttezza del modello da un punto di vista strutturale richiede un confronto del sistema reale con quello descritto nel modello e quindi richiede un certo livello di conoscenza e l'analisi di sistemi solitamente complessi.⁴⁵

Si può dire dunque che la modellistica è un processo di confronto continuo tra il reale e ciò che si vuole rappresentare, e la validità del modello riguarda la sperimentazione e la corrispondenza degli *input-output* ottenuti con quelli del sistema reale. Questi dati che si ottengono dal modello (comportamento del modello) sono a loro volta delle misure o degli indicatori del comportamento del sistema. Tuttavia accettare qualsiasi misura dipende dalla difficoltà con cui si può inferire il comportamento del modello dalla sua struttura; e questa difficoltà dipende, naturalmente, dal processo deduttivo proprio della attività di modellistica. Gli aspetti più importanti di questa attività sono enumerati da Zeigler (1976, p. 8):

1. Descrizione informale del modello e le ipotesi che guidano la sua costruzione.
2. Descrizione formale della struttura del modello.
3. Presentazione del programma attraverso il quale si eseguono le simulazioni.
4. Presentazione delle simulazioni, dei risultati e delle analisi.
5. Conclusioni sul grado d'applicabilità del modello, la validità del modello.
6. Relazionare il modello con altri (passati e futuri).

Secondo Zeigler (1976, pp. 8, 175-95) la descrizione informale del modello ha un ruolo fondamentale per la modellistica, poiché questa è strettamente connessa con la fase di sviluppo del modello, fase nella quale il modellatore concepisce, programma, corregge errori e prova il suo modello. Per questo motivo, diventa indispensabile mantenere chiara l'immagine generale del sistema e del suo modello con tutte le sue parti. In particolare, grazie ad una descrizione informale del modello si riesce a produrre la *Gestalt* dello stesso. Inoltre, una descrizione informale del modello permette di aprire la discussione sulla concezione del

⁴⁴ Un approccio applicativo o pragmatico su questo aspetto sarebbe interessato soltanto ad ottenere dei parametri di comportamento del sistema reale in studio, magari per ottimizzare qualche processo. In questo caso, il sistema reale viene sostituito da un modello, dal quale si estraggono dei risultati sui processi studiati. Questo approccio quindi è legato alla validità dal punto di vista dei dati (Zeigler, 1976, p. 6). Indipendentemente dell'approccio usato, sia quello applicativo o sia un approccio teorico-scientifico, la validità del modello è un fattore di grande rilievo.

⁴⁵ La struttura del sistema rappresentata in un modello ha una validità temporale. Vedasi Sezione 8.1.

sistema, sulla completezza del modello, sul grado di comprensione del sistema, ecc. e quindi, permette la presentazione e convalida pubblica del modello. Per questo, la descrizione informale del modello è la forma più ‘naturale’ ed ‘efficace’ per stabilire il grado di compatibilità tra la percezione dell’osservatore (modellatore) rappresentata in un modello e il mondo reale. Il formato che Zeigler propone (1976, p. 20) per realizzare una descrizione informale del modello è indicato nella Tabella 4. Nonostante il ruolo fondamentale della descrizione informale del modello questa è soggetta ai tipici problemi di incompletezza, inconsistenza e ambiguità. Per questa ragione occorre formalizzare il modello ovvero la specificazione matematica del sistema.

Il diagramma risultante dalla descrizione informale del modello è una sequenza di causalità degli aspetti più importanti della struttura del modello. Tuttavia, considerare il modello come un diagramma di causalità è discutibile nella teoria sui sistemi e i loro modelli, poiché un modello può anche essere una descrizione verbale, una metafora, una fotografia oppure un’opera d’arte. Infatti, l’appena menzionata affermazione – modelli come un’insieme di sequenze causali — suscita due domande spontanee: Sono relazionati in maniera causale gli elementi dei sistemi reali? Cosa avviene nel modello dal momento in cui la causalità rappresentata non è più attendibile?⁴⁶. Una risposta affermativa alla prima domanda lascia pensare che i sistemi reali sarebbero, in qualche modo, chiusi e prevedibili, e cioè perché la causalità presuppone relazioni tra elementi ‘contigui’⁴⁷ e inoltre, dopo individuare le connessioni necessarie, un’analisi statica ed ex-post permetterebbe prevedere il comportamento del sistema. La seconda domanda permette di intuire la necessità di accogliere il mutamento strutturale nell’analisi sistemica per renderla più valida e quindi con modelli più reali.

Inoltre, da quanto abbiamo esposto nei paragrafi dedicati ai modelli, sorgono in maniera naturale altre semplici domande quali: È la percezione del sistema reale unica? È possibile definire il comportamento del sistema reale? È possibile definire il sistema attraverso un comportamento unico? Se no, è possibile verificare la validità del modello?. Ci sono tanti modi diversi di rispondere a queste domande quanti sono gli approcci analitici. Ad

⁴⁶ Questo argomento sulla causalità delle relazioni del sistema è discusso anche nella Sezione 8.2.

⁴⁷ Hume (1739–40), per esempio, nel suo *Trattato sulla natura umana* analizza e critica il concetto di causalità.

ogni modo, alcune risposte possono essere evidenziate attraverso una breve riflessione sul concetto di struttura.

Parti descrittive del modello	Definizione
<p><i>Componenti</i></p> <p>COMPONENTE A</p> <p>COMPONENTE B</p> <p>↓</p> <p>COMPONENTE Z</p>	Descrivono in maniera generale le parti concettuali del sistema reale.
<p><i>Variabili Descrittive</i></p> <p>COMPONENTE A</p> <p>VARIABILE A₁</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE A₂</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE A_n</p> <p>COMPONENTE B</p> <p>VARIABILE B₁</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE B₂</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE B_n</p> <p>COMPONENTE Z</p> <p>VARIABILE Z₁</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE Z₂</p> <p>↓</p> <p>VARIABILE Z_n</p> <p>PARAMETRI</p> <p>PARAMETRO 1</p> <p>↓</p> <p>PARAMETRO 2</p> <p>↓</p> <p>PARAMETRO m</p>	<p>Limite d'ognuna delle variabili; simboli arbitrari per definire ogni componente quando anche la definizione è formale; indicazione generale della funzione di ogni variabile nella descrizione dei componenti.</p> <p>Limiti di ogni parametro; simboli arbitrari per definire ciascun parametro quando la definizione è anche formale; indicazione generale del ruolo dei parametri nella specificazione della struttura del modello.</p>
<i>Interazione tra i componenti</i>	Descrizione informale dell'effetto, influenza o azione dei componenti tra di essi attraverso regole, postulati, leggi, ecc.
<i>Diagrammi</i>	Rappresentazione schematica dei componenti (solitamente dei quadrati etichettati) e le sue relazioni (solitamente frecce).

Tabella 4: Formato per una descrizione informale di un modello (Zeigler 1976, p. 21)

6.3. Sulla struttura

Diversi tipi di modelli possono essere usati per raffigurare la realtà: descrizioni verbali, grafici, schizzi, metafore, foto, disegni, ecc., ma normalmente la scienza rappresenta la realtà attraverso modelli matematici. Possono esistere diversi modelli su uno stesso sistema, vale a dire che è possibile rappresentare la stessa realtà con diversi tipi di modelli, per esempio, i successi di un secolo possono essere raffigurati attraverso una descrizione storica verbale o attraverso una serie temporale (*time series*). Inoltre, questa diversità di modelli è fattibile dal momento che è possibile modellare diversi aspetti del sistema, in cui elementi e relazioni particolari hanno corrispondenza con diversi insiemi della realtà. Una distinzione abbastanza chiara è quella di Varsavski (1971) e che può essere riassunta attraverso la figura 15.

La struttura è quella parte del sistema che si rappresenta in un certo modello. Ciò che differenzia la struttura e il modello sono gli elementi e le relazioni del sistema a cui si fa riferimento nel modello, ossia la struttura viene definita da quelli (elementi e relazioni del sistema) che sono rappresentati nel modello. Rendere chiara questa definizione tuttavia richiede di certe precisazioni, tali la differenziazione tra sistema, modello e struttura (sia quella del sistema che quella del modello).

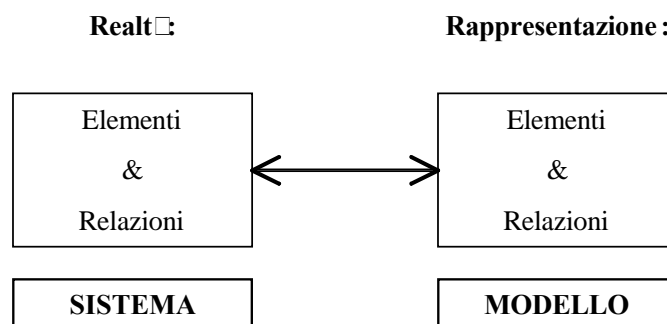


Figura 15: Corrispondenza tra sistema e modello. (Fonte: elaborazione dell'autore)

La struttura a cui il paragrafo precedente si riferisce è quella del modello. Per struttura del modello si intende l'ipotesi che il modellatore si fa sulla struttura del sistema, e quindi la struttura che si rappresenta nel modello. La struttura del sistema invece è quel insieme di elementi, relazionati tra loro tramite un insieme di regole e organizzati in modo di dare luogo

al sistema. Sebbene, e come menzionato nella Sezione 6.1, definire un sistema come tale è qualcosa di arbitrario, poiché la definizione si fonda sulla soggettività convenuta (*consensual subjectivity*). Tuttavia questi argomenti, in particolare la differenza tra sistema, modello e struttura, richiedono di un ragionamento ontologico e ciò supera i confini di questa ricerca. Ai fini di questa ricerca sembra sufficiente dire che non è possibile conoscere la struttura del sistema, su di essa (struttura del sistema) è soltanto possibile fare delle ipotesi, quelli ipotesi strutturali che costituiscono la struttura del modello.

In questo modo, gli elementi e le relazioni di un sistema che vengono rappresentati in un modello costituiscono la struttura del modello (Domingo 1998, p. 51). Più precisamente, con ogni insieme di istruzioni contenute in un modello si tenta di rappresentare la struttura del sistema, tuttavia questi insiemi di istruzioni sono delle ipotesi sulla struttura del sistema, motivo per cui si parla di struttura del modello — e non di struttura del sistema. Un sistema può pertanto essere rappresentato attraverso tante strutture quante ve ne hanno i suoi modelli (strutture del modello).⁴⁸ In altre parole, un sistema ha tante ‘ipotesi strutturali’ quanti sono i modelli del sistema.

Sintetizzando, un sistema ha un’unica struttura ma che però non è possibile conoscere. Questo sistema può essere rappresentato in diversi modi, ossia uno stesso sistema può avere diversi modelli, poiché si possono formulare diverse ipotesi sulla struttura del sistema. Un modello però è la rappresentazione di un’ipotesi strutturale particolare del sistema e pertanto un modello ha soltanto una struttura.⁴⁹

Tuttavia, non esiste un’unica definizione della struttura di un sistema,⁵⁰ tuttavia qui si usa quella di Domingo (1998, p. 51): “la struttura come l’insieme dei componenti del sistema reale rappresentati in un modello.” Una definizione analoga è quella di indole strutturalista in cui la struttura è il contenuto stesso colto in un’organizzazione logica concepita come proprietà del reale.

⁴⁸ Vedasi, rispettivamente, Sezioni 6.1 e 6.2 per una definizione di sistema e modello

⁴⁹ Da questo punto di vista, il cambiamento strutturale si può intendere come la modificazione del modello (passaggio di un modello ad un altro) come conseguenza di un cambiamento nella percezione della struttura del sistema. Su questo argomento però si dedica il Capitolo 9.

⁵⁰ Nemmeno viene inteso sempre lo stesso per struttura del sistema, come visto, per esempio, nella teoria autopoietica (Vedasi Sezione 6.1).

Le caratteristiche o meccanismi che si riconoscono nella definizione di struttura sono normalmente tre:⁵¹ ‘totalità’ (unità composta da parti relazionate tra loro), ‘trasformazione’ (processi che permettono di generare modelli analoghi) e ‘omeostasi’ (prevedibilità nei cambiamenti).⁵² Queste caratteristiche attribuite al concetto di struttura tuttavia non corrispondono con la realtà d’alcuni sistemi, come quelli sociali. La totalità — ovvero quella caratteristica che indica unità, reciprocità e compattezza tra gli elementi del sistema — sembrerebbe essere l’unica caratteristica intrinseca, poiché la struttura è quella parte del sistema che concerne il modellatore e, in conseguenza, configura la parte del sistema che viene rappresentata nel modello come un tutto.⁵³ Gli altri due meccanismi o caratteristiche — l’omeostasi e le trasformazioni — sono strettamente legate tra loro.

L’omeostasi è la tendenza che hanno certi sistemi a raggiungere l’equilibrio. Questa è una tendenza tipica dei sistemi naturali, i quali hanno la capacità di mantenere certi fattori critici entro dei limiti di variazione.⁵⁴ L’omeostasi, d’altra parte, può essere riferita ai valori delle loro variabili oppure alla loro struttura, e questa ultima implica la capacità del sistema a restaurare la sua forma originale. Nel caso dei sistemi sociali implica, nel primo caso, che le variabili che configurano la struttura del sistema possano variare entro certi limiti e la struttura si mantenga stabile, ossia che il sistema abbia la capacità di ‘autocontrollarsi’ e correggere in maniera naturale le perturbazioni che hanno provocato l’allontanamento dal suo stato di equilibrio, stato stazionario o del suo obiettivo. Invece, nel secondo caso, quando le perturbazioni provocano che le variabili che configurano la struttura del sistema oltrepassino i loro limiti di tolleranza (o limiti critici), il sistema entra in una fase di cambiamento profondo. A tal punto, il sistema entra in un processo di disintegrazione oppure di formazione di nuove strutture, vale a dire cambia qualitativamente o strutturalmente, purché il sistema

⁵¹ Queste tre caratteristiche si ritrovano nella definizione (di struttura) della corrente strutturalista (Domingo 1998, p. 52).

⁵² Lévy-Strauss (1962 in Domingo 1998, p. 51) definì la struttura come autonoma e determinante, come universale e invariante (anche se si manifesta in forme diverse), in altre parole, la struttura non è semplice forma. Per Lévy-Strauss, la struttura, pur implicando l’idea di sistema e quindi una coesione di parti, non è sistema manifesto, immediatamente visibile come guardando ad una macchina che funziona, ma è l’ordine interno del sistema e il gruppo di trasformazioni possibili che lo caratterizzano. Piaget (1970, p. 5), dal canto suo, definì una struttura come un sistema di trasformazioni, che comporta delle leggi in quanto sistema (in opposizione alle proprietà degli elementi) e che si conserva o si arricchisce grazie al gioco stesso delle sue trasformazioni, senza che queste conducano fuori dalle sue frontiere o facciano ricorso a elementi esterni. In altre parole, una struttura corrisponde alle seguenti caratteristiche: totalità, trasformazioni, e autoregolazione. Inoltre, questa struttura deve poter creare ad una formalizzazione (ossia, a ciò che sarebbe il modello).

⁵³ Inoltre, la concezione strutturalista concepisce i cambiamenti strutturali come un fatto casuale, più precisamente come fatti diacronici, ciò che implica l’imprevedibilità del cambio.

⁵⁴ Esempi tipici di omeostasi nei sistemi sono: il mantenimento della temperatura corporea, la regolazione del bilancio tra il sale e il acqua nel corpo, le risorse alimentari come controllo per la dinamica della popolazione (secondo la teoria demografica malthusiana).

considerato sia strutturalmente omeostatico. Gli strutturalisti includono l'omeostasi nella loro caratterizzazione di struttura, ma siccome a questo lavoro concernono i sistemi sociali, questa caratteristica non viene ammessa nella definizione di struttura. Secondo Domingo (1998, p. 52) concentrandosi eccessivamente sull'omeostasi si rischia forse di sbagliare l'analisi sistemica e strutturale. In effetti, questa enfasi stessa impedisce di applicare i modelli economici e sociali nell'analisi di processi caratterizzati dal cambiamento strutturale.

La 'trasformazione' è stata considerata dagli strutturalisti come un cambiamento verso una struttura dello stesso tipo.⁵⁵ Da questo punto di vista, i sistemi si trasformano soltanto per mantenere la loro struttura originale. L'esistenza di omeostasi presuppone che le trasformazioni siano in funzione del raggiungimento di una sorta di equilibrio, che i sistemi si conservano o si trasformano in sistemi equivalenti. Neppure questa caratteristica è qui ammessa come una caratteristica comune a tutti i sistemi sociali. Questo però non confuta che ci sono certi sistemi sociali che hanno la capacità di mantenersi dentro certi ranghi e si trasformano costantemente e che, inoltre, hanno un comportamento ciclico senza oltrepassare certi limiti, come per esempio accade con i prezzi in certi mercati tali quello delle divise in cui il tasso di cambio della moneta è controllato. Ad ogni modo, la trasformazione implicita nel mantenimento dell'equilibrio non accade in un solo colpo, non è un ritorno unico allo stato di equilibrio, bensì è sequenziale e progressivo.⁵⁶ Dunque, si può presumere che i) il processo di trasformazione è conseguenza dell'alterazione di una sorta di stato di equilibrio, e ii) il ritorno a quello stato implica una serie di trasformazioni. In questo modo, il cambiamento che il sistema subisce quando passa da una struttura all'altra fa pensare ad un processo evolutivo, ovvero una sequenza di trasformazioni parziali.⁵⁷

In realtà e più in generale, ciò che caratterizza molti sistemi, come quelli sociali, è invece un'organizzazione, uno sviluppo e un cambiamento strutturale. I sistemi nascono, si organizzano, si sviluppano, si trasformano e infine si disperdono. Tuttavia la complessità che caratterizza molti sistemi, come per esempio i sistemi economici, sociali e politici, non

⁵⁵ Un altro meccanismo attraverso il quale i sistemi conservano la sua struttura è quello della 'selezione'. Intendere questo meccanismo richiede anche l'introduzione del concetto d'entropia o misura dell'ordine nei sistemi (questo concetto è stato accennato nella Sezione precedente).

⁵⁶ Inoltre, in riguardo con il cambiamento strutturale si evidenziano argomenti molto importanti quelli che ai cambiamenti quantitativi e qualitativi concernono. Kondratieff (1935) discute la differenza sui cambiamenti quantitativi e qualitativi. Vedasi anche Capitolo 9.

⁵⁷ Sullo approccio evolutivo dell'economia vedasi Sezione 13.1.

permette di definire in maniera precisa la loro evoluzione. In questi sistemi la struttura, apparentemente stabile, cambia; e il cambiamento non implica reversibilità alla loro struttura originale. È noto, per esempio, come molti sistemi economici non raggiungono l'equilibrio o lo stato stazionario come solitamente è stato ammesso nei loro modelli. I modelli economici tradizionali — micro e macro — sono rigorosi rispetto all'omeostasi del sistema e le trasformazioni sono un processo intrinseco che permette di recuperarsi ogni qualvolta il sistema si allontana dallo stato di equilibrio. In altre parole, sono modelli basati su condizioni d'equilibrio (e/o di stabilità del sistema), ragione per cui sono modelli che non prevedono esplicitamente l'eventualità di un cambiamento strutturale. Infatti, e come detto in precedenza, l'insufficiente corrispondenza dell'analisi economica con la realtà ha probabilmente che vedere con l'enfasi nel mantenimento o controllo della dinamica di sistemi che invece si caratterizzano per evolversi e soffrire cambiamenti di tipo strutturale. Come si accenna nella Sezione 8.1 e nei Capitoli 9 e 14, la complessità che caratterizza i sistemi sociali fa sì che la loro dinamica sia dominata da processi evolutivi (vedasi Sezione 13.1), ossia da processi in cui le variazioni rispetto ad uno stato considerato originario aumentano progressivamente nel tempo, oltre alla loro vulnerabilità all'azione di qualche fenomeno che abbia la capacità di mutare le proprietà del sistema tali le innovazioni tecnologiche, cambiamenti climatici, cambiamenti istituzionali, ecc.

In definitiva, la rappresentazione matematica del sistema stabilisce la sua struttura, ossia la struttura è la descrizione del sistema in un modello matematico (struttura del modello). Domingo (1998, p. 53), in riguardo a ciò che un modello matematico comprende, distingue i seguenti aspetti:

1. Le **relazioni** si rappresentano mediante le **variabili**, e queste ultime hanno valori che rappresentano le misure delle relazioni. Queste variabili sono il dominio e il codominio (*range*) delle azioni e reazioni degli elementi, rispettivamente. Facendo uso dell'argomento della Parte III in maniera molto semplificata⁵⁸, un esempio di questa distinzione sono l'economia e la tecnologia.

⁵⁸ Supponendo inoltre una sorta di determinismo tecnologico.

2. Un **elemento** si rappresenta mediante una **funzione**. Con le funzioni si stabiliscono le relazioni tra le azioni degli altri elementi e dell'ambiente esteriore sulle reazioni (o comportamento) dell'elemento nei confronti di altri elementi e dell'esterno. Inoltre, ci sono variabili che descrivono le relazioni esterne (o esogene) e variabili che descrivono le relazioni tra gli elementi del sistema (o endogene). Considerando l'esempio precedente, la rappresentazione dell'elemento 'economia' viene dato dalla relazione funzionale (di dipendenza) dello sviluppo tecnologico, ovvero economia come $f(\text{tecnologia}, \dots)$.

In breve, la struttura del sistema è composta dalle relazioni (variabili) e dagli elementi (funzioni) del modello matematico. Altresì, la struttura include i valori iniziali delle variabili e i parametri, essendo pure questi parte costituente del modello matematico. Nonostante ciò, e come indica Domingo (1971, p. 54), i valori numerici delle variabili e dei parametri non soltanto rappresentano delle proprietà quantitative del sistema (come vengono interpretati comunemente), bensì aspetti qualitativi e quantitativi.

I modelli matematici quindi riflettono gli aspetti quantitativi e qualitativi del sistema, ovvero la struttura del sistema. Tuttavia, la natura mutevole della maggior parte dei sistemi fa sì che ciò che viene rappresentato nel modello abbia una validità temporale. I sistemi cambiano col trascorrere del tempo, e il cambiamento può comportare la trasformazione del modello matematico, ossia un cambiamento di tipo strutturale. Questo argomento viene approfondito nel Capitolo 9.

7. LA TEORIA DEI SISTEMI, VERSO UN CAMBIAMENTO DI PARADIGMA

La *General System Theory* di Bertalanffy (1969) segna uno dei più importanti cambiamenti di paradigma della teoria dei sistemi, in quanto determina la differenza tra quella contemporanea e quella laplaciana.⁵⁹ Sia la teoria dei sistemi di Bertalanffy che quella precedente definiscono gli stessi attraverso modelli simbolici, ovvero per mezzo della rappresentazione delle relazioni tra i diversi elementi che compongono il sistema, in generale, facendo uso di un linguaggio matematico. Il modello di un sistema definisce i suoi limiti, vale a dire le entrate (*input*), tanto quelle controllate dal sistema quanto tutte le altre, i processi di trasformazione e ciò che il sistema produce (*output*).⁶⁰ Inoltre la teoria dei sistemi, tradizionalmente, ha definito come ‘approccio strutturale’ quello che applica una struttura tipica, conosciuta, in un sistema. Sussistono alcuni problemi che sono stati studiati in dettaglio e suggeriscono di avere una struttura tipica o determinata, la quale viene usata in situazioni analoghe. Evidentemente il summenzionato tipo di approccio non è valido in situazioni in cui persiste un certo grado di ambiguità, poiché si rischia di forzare il sistema a possedere una struttura che risulterà inappropriata. Una procedura del genere non è applicabile nello studio della maggior parte dei sistemi complessi, sistemi nei quali si richiede un approccio meno meccanicistico⁶¹ e più proceduristico. Chiaramente nel presente lavoro l’approccio strutturale non risulta essere del suddetto tipo (quello inteso dalla teoria dei sistemi classica), si tratta bensì di un approccio che considera i cambiamenti di tipo qualitativo e mira a rendere i modelli strutturalmente dinamici.

⁵⁹ Sebbene già negli anni ‘40 concetti come complessità, *self-organization* e sistemi adattativi erano apparsi nelle ricerche di Wiener, Ashby e von Neumann nel campo della cibernetica.

⁶⁰ Per una discussione e confronto tra la visione sistemica delle scienze esatte e le altre scienze, ed in particolare sulla considerazione dei fenomeni biologici, psicologici e sociologici come fenomeni fisici, vedasi Bertalanffy (1950). Inoltre per un ripasso sulla storia e lo status fino agli inizi degli anni ‘70 vedasi Bertalanffy (1972).

⁶¹ Il termine meccanicistico non viene qui inteso nel senso laplaciano (ne newtoniano). È invece da intendersi come l’approccio classico di controllo, ovvero quello riferito al mantenimento della struttura del sistema. Tale è, ad esempio, l’approccio usato dalla cibernetica (scienza che studia il controllo e la comunicazione negli animali e nelle macchine) e secondo la quale il controllo è il predominio di un sistema (Beer 1959, p. 5). Anche la *System Dynamics* fondata da Forrester nei primi anni ‘60 (nel MIT *Sloan School of Management*) si dedica allo studio ed alla gestione di sistemi complessi di retroazione.

Per la teoria dei sistemi, ‘buoni’ modelli (*good models*) sono quelli semplici, completi, facili da manipolare e descrivere, oltre che capaci di mutare con l’evolvere della situazione o problema, nonché servire come strumento per prendere decisioni accertate sul sistema. Da una parte alcune di queste caratteristiche o proprietà sono in conflitto, poiché la loro confluenza in un modello non è possibile. Dall’altra parte un modello (e la sua simulazione) con queste proprietà ha come scopo implicito quello di manipolare o controllare il sistema reale.⁶² Inoltre, nella teoria dei sistemi la formulazione tipica di un modello parte solitamente dalla definizione dei circuiti di retroazione (*causal loop diagrams*) che permettono di delimitare i confini del sistema e di stabilire le relazioni tra gli elementi (relazione causa-effetto), le entrate (controllabili e non) e le uscite. Questi circuiti rappresentano altresì la sequenza di causalità degli *output* (in funzione degli *input*) e questa rappresentazione comporta una concezione determinista del sistema.⁶³

Relativamente a quanto appena segnalato si può dire che: i sistemi sono definiti ‘chiusi’⁶⁴, i problemi devono essere delimitati, le relazioni tra le variabili devono essere conosciute, ci deve essere la possibilità di definire il comportamento del sistema in termini matematici, le scelte decisionali sono conosciute (ed a volte sono subordinate a delle funzioni-obiettivo oppure alla necessità di ottimizzare il comportamento del sistema), i *trade-off* sono definiti, devono esistere dei dati di entrata disponibili, i problemi sono definiti in maniera meccanica, gli individui hanno comportamenti passivi o definiti *a priori*, ed il modello (e la sua simulazione) permette di ottenere delle soluzioni implementabili nel sistema. Nonostante ciò la complessità caratteristica di certi sistemi rende insufficiente l’approccio della teoria dei sistemi per lo studio e la comprensione di essi. Questa complessità è chiaramente evidenziabile nei sistemi sociali

⁶² Gli *output* del modello permettono di analizzare il sistema e prendere decisioni a minor costo (anche di tempo) che sperimentando direttamente con il sistema.

⁶³ Altre definizioni diagrammatiche, ma meno comuni nei modelli, sono quelle di flusso di materiale, prioritizzazione delle relazioni tra le differenti attività vincolate, grafici di flusso decisionale, ecc.

⁶⁴ I sistemi aperti sono stati definiti da Bertalanffy (1958, p. 155) come sistemi che hanno delle entrate e delle uscite, i cui componenti, quindi, subiscono dei cambiamenti materiali. L’insieme *input-output* definisce il comportamento del modello e costituisce l’unica fonte d’informazione della quale si dispone a riguardo del sistema (Zeigler 1976, p. 30). I sistemi chiusi non esistono nella realtà, qualsiasi sistema reale ha un ambiente con cui interagisce. Sebbene alcuni sistemi vengano isolati con lo scopo di comprenderne il funzionamento, il loro comportamento rimane determinato interamente dalle relazioni tra gli elementi e le condizioni iniziali. Nelle scienze biologiche e sociali sono comuni i modelli in cui gli unici input risultano essere le condizioni iniziali (ovvero i *control input*).

ed economici, per i quali occorrono nuovi modi di concepirli e studiarli, ovvero nuovi paradigmi.⁶⁵

Secondo Luhmann (1984, pp. 65-76) la teoria dei sistemi ha subito due cambiamenti di paradigma.⁶⁶ Il primo è stato la sostituzione tradizionale della differenziazione tra il tutto e le parti con quello di sistema e ambiente.⁶⁷ Il secondo si riferisce alla teoria dei sistemi autoreferenziali⁶⁸, il cui il contributo principale è stato il primo passo in questa direzione ed è il concetto di auto-organizzazione. Tuttavia il concetto di auto-organizzazione si riferiva alle:

strutture di un sistema, la cui mutazione con mezzi endogeni era ovviamente vista come un problema particolarmente difficile, e quindi particolarmente interessante, per la teoria dei sistemi. Tale concetto però non includeva tutto ciò che oggi viene inteso per autoriferimento. Successivamente il riferimento all'unità – sia del sistema sia dei suoi elementi – ha spinto in secondo piano (ma, naturalmente, non ha eliminato) il riferimento alla struttura. (Luhmann 1984, p. 73).

Inoltre, questo secondo mutamento provoca spostamenti 'dall'interesse per il piano e il controllo, all'interesse per l'autonomia e la sensibilità all'ambiente, dalla pianificazione alla stabilizzazione, dalla stabilità strutturale alla stabilità dinamica.' (Luhmann 1984, p. 75)

⁶⁵ Negli ultimi decenni la scienza della complessità dinamica (*complex dynamics*), ovvero di certi sistemi dinamici (come i sistemi meccanici, orbite planetarie e circuiti elettronici), unitamente alla fisica del non-equilibrio, hanno costituito una svolta nello studio dei fenomeni naturali attraverso nuovi concetti e teorie quali la teoria del caos (largamente usata nelle più svariate discipline scientifiche, comprese quelle sociali). Un altro esempio inerente alle diversità di linee di sviluppo della ricerca sui sistemi è stato la definizione di frattali da Mandelbrot nel suo libro *The Fractal Geometry of Nature* (1982), in cui propone una geometria diversa da quella euclidea tradizionale usata per descrivere la natura. Inoltre ne sono un esempio anche concetti quali l'autopoiesi e le strutture dissipative.

⁶⁶ Luhmann (1984) tenta nel suo lavoro di riformulare la teoria dei sistemi sociali sulla base dell'avanzamento della teoria dei sistemi. "Nella teoria generale dei sistemi e nel campo interdisciplinare ad essa connesso, si trovano mutamenti radicali, se non addirittura delle «rivoluzioni scientifiche» nel senso di Kuhn. La formazione della teoria sociologica potrebbe avvantaggiarsi notevolmente se riuscisse a collegarsi a questa direttrice di sviluppo. I cambiamenti di orientamento nella teoria generale dei sistemi, soprattutto quelli intervenuti nell'ultimo decennio, tendono ad accostarsi agli interessi teorici della sociologia assai più di quanto generalmente si creda." (Luhmann 1984, p. 65)

⁶⁷ "Il primo passo consiste nel sostituire la differenza tradizionale tutto/parti con la differenza sistema/ambiente. Con questa innovazione, della quale Ludwig von Bertalanffy è uno dei rappresentanti più significativi, si è potuto mettere in relazione tra loro la teoria degli organismi viventi, la termodinamica e la teoria della evoluzione." (Luhmann 1984, p. 71)

⁶⁸ Vedasi Sezione 6.1 sui sistemi autopoietici.

Ibidem Luhmann segnala che la teoria sociologica è rimasta esclusa dal processo di maturazione della teoria dei sistemi⁶⁹, ciò che in un certo senso è anche accaduto a quella economica:

Un effetto di stimolo è stato prodotto dapprima dalla termodinamica e dalla biologia come teoria dell'organismo, più tardi dalla neurofisiologia, dalla istologia e dalla teoria dei computer, e naturalmente da un ambito interdisciplinare come la teoria dell'informazione e la cibernetica. La sociologia non solo è restata esclusa da una partecipazione attiva a questo processo interdisciplinare, ma si è anche rivelata incapace da apprendere. Per mancanza di un proprio lavoro teorico di base essa non è stata nemmeno in grado di osservare ciò che stava accadendo, e quindi continua ad occuparsi dei dati o, per quanto riguarda la teoria, dei classici da essa stessa prodotti. (Luhmann 1984, p. 75)

Nondimeno questo scenario è cambiato e gli sviluppi moderni della teoria dei sistemi hanno abbracciato, in modo diverso, le scienze sociali. I nuovi progressi in questo campo della teoria dei sistemi sono stati indotti dal veloce cambiamento economico, tecnologico, sociale e ambientale. La complessità contenuta in tali sistemi ha richiesto l'introduzione di nuovi e più efficaci metodi di modellistica (e di simulazione), che permettono di capire il sistema, conoscere la sua dinamica e sviluppare politiche e strategie. Questi nuovi approcci, strumenti e metodi, tuttavia non tengono conto dei mutamenti della struttura del sistema (rappresentato nel modello) e ciò si può osservare in qualsiasi moderno modello di simulazione di dinamica dei sistemi. Infatti, Sterman (2000, p. 831) segnala come una sfida per la teoria della dinamica dei sistemi quella di realizzare modelli sensibili al cambiamento strutturale, e mette in evidenza che l'analisi di sensibilità a cui si devono sottoporre i modelli non solo deve includere parametri variabili ma anche cambiamenti nella struttura; ovvero essi devono esaminare la sensibilità dei risultati del modello sotto diverse ipotesi inerenti alla struttura.

A partire dall'ultimo quarto del secolo scorso, ed in particolare in questo ultimo decennio, grandi progressi compiuti dalla teoria dei sistemi si sono concentrati nell'area dei sistemi non-lineari. Le relazioni non-lineari sono fondamentali nella dinamica di qualsiasi tipo di sistema. Sono stati appunto gli sviluppi nel campo dell'elettronica e della computazione a permettere di realizzare delle simulazioni e quindi di studiare la dinamica

⁶⁹ Risulta però necessario evidenziare la data del lavoro di Luhmann qui considerato, nella quale non erano in voga i nuovi approcci che la teoria dei sistemi contemporanea presenta. È anche necessario indicare che il lavoro in oggetto pretende di riformulare la teoria dei sistemi sociali sulla base dell'approccio di chiusura autoreferenziale.

non lineare di molti sistemi. In economia sono state frequenti le rappresentazioni lineari di problemi palesemente non-lineari, ma le difficoltà matematiche insite in questi tipi di sistemi possono aver portato a semplificare significativamente tanti problemi. Tutti i progressi nella teoria dei sistemi non-lineari, ovvero la capacità di formulare e simulare una gran varietà di sistemi complessi (non-lineari), sono alcuni dei più recenti cambiamenti metodologici e strumentali che hanno dato luogo a dei cambiamenti di paradigma. La simulazione con agenti (*agent-based simulation*) è un esempio rappresentativo di questi tipi di cambiamenti che hanno permesso dei progressi nella comprensione e nella computerizzazione dei sistemi complessi.⁷⁰

Anche se vi sono stati dei grandi sviluppi nella modellistica puramente numerica, sono rimasti alcuni vuoti nella teoria, specialmente nelle basi matematiche di questi tipi di sistemi complessi (per definizione non-lineari). Le tecniche puramente numeriche, tuttavia, non riescono ad accogliere gli effetti prodotti dai cambiamenti strutturali e questo fa sì che i modelli formali richiedano più espressività (Edmonds 1996, p. 3). Alcuni esempi di sistemi formali più espressivi sono quelli citati da Edmonds (1996, p. 3) quali la teoria degli insiemi, alcuni campi della logica formale, *nets and graphs*, linguaggi formali espressi frequentemente in strutture ad albero (ad esempio, la programmazione genetica ed in particolare gli algoritmi genetici).

Sterman (2000, p. 895) enumera cinque aree di sfida (*challenges*) per i futuri sviluppi della dinamica dei sistemi, e tra di esse include la teoria.⁷¹ Per quanto riguarda alla teoria, Sterman (2000, p. 896) menziona quattro aree come le più importanti: la teoria della dinamica non-lineare e dei sistemi complessi, i modelli con agenti (*agent-based modeling*), i modelli mentali, decisionali e di apprendimento (*mental models, dynamic decision-making, and learning*) e la teoria sociale ed organizzativa evolutiva. In tali

⁷⁰ La teoria economica (in particolare quella evoluzionistica) insieme agli sviluppi nelle scienze informatiche hanno dato luogo al campo della 'economia computazionale', la quale si dedica principalmente alla simulazione di modelli con agenti. Inoltre ci sono altre aree di ricerca economica che si caratterizzano per l'applicazione di tecniche e metodi in origine sviluppati nel campo di altre scienze, quali la econofisica e la neuroeconomia, essendo quindi di carattere interdisciplinare.

⁷¹ Le altre quattro aree di sfida sono: la tecnologia (cioè *software* e *hardware* per la simulazione e l'analisi), l'educazione (nel senso di corsi per diffondere ciò che viene definito come *systems thinking*), l'implementazione (cioè l'elaborazione di politiche più affidabili) e il loro impiego in problemi di diversa natura (principalmente quelli poco studiati e conosciuti).

quattro aree di ricerca ci sono stati rilevanti progressi teorici soprattutto negli ultimi anni, ma ad ogni modo la ricerca teorica deve continuare a concentrarsi nel suo sviluppo (Sterman 2000, p. 895).⁷² La ricerca contemporanea conferma tale impegno ed evidenza che questa volta le scienze sociali non sono né rimaste escluse e nemmeno incapaci di apprendere, poiché partecipano attivamente al processo di ricerca nelle suddette aree.

Nel caso particolare dell'economia il suddetto passaggio assume particolare risalto. Oltre a ciò, si evidenzia una sorta di comunanza tra le diverse scienze che riuniscono le loro conoscenze applicate all'economia.⁷³ Per questo motivo, e considerando l'argomento principale su cui verte questo lavoro, ovvero il cambiamento strutturale, nei seguenti paragrafi si esamineranno alcuni aspetti importanti per la modellistica sociale ed economica del cambiamento strutturale, contemplati dai succitati nuovi orientamenti della teoria dei sistemi, con applicabilità interdisciplinare.

In economia è comune scontrarsi con dei modelli nei quali il contesto delle situazioni è fisso e in cui i cambiamenti avvengono entro lo stesso schema di rappresentazione, ad esempio i cambiamenti prezzo, utilità, tasso d'interesse o qualsiasi altro parametro 'chiave' nel modello. I modelli economici si concentrano generalmente su casi nei quali i presupposti e le restrizioni permettono di gestire le situazioni considerate. I casi più comuni di supposizioni e restrizioni utilizzate nei modelli economici sono: conoscenza perfetta (perfetta comunicazione ed informazione tra gli agenti), capacità di quantificare e computare i problemi, agenti o individui con una concezione 'corretta' dell'economia, sistemi che tendono ad un equilibrio e quella in cui il comportamento degli individui può essere definito in una funzione numerica d'utilità (Edmonds 1996, p. 1). In questo modo la complessità implicita nel rapporto tra gli individui e l'economia è semplificata e rappresentata nell'insieme in termini quantitativi.

⁷² Anche Edmonds (1996, p. 2) afferma che la complessa interazione tra la conoscenza degli individui e l'economia è ridotta ai casi più semplici, quelli in cui la complessità può essere rappresentata in termini numerici. La teoria del caos, ad esempio, ha ampliato leggermente il campo delle tecniche matematiche e queste hanno permesso di analizzare sistemi di equazioni numeriche molto sensibili alle condizioni iniziali, sebbene in generale continuino a far parte della stessa gamma di tecniche numeriche.

⁷³ Questo accordo è una delle caratteristiche di maggior rilievo nell'approccio dei sistemi complessi. Vedasi Sezione 8.1 per una rassegna sulla concezione dell'economia come sistema complesso.

Inoltre le teorie che si riferiscono allo stato stazionario (*stable state*) sono, in generale, limitate ai dati empirici. Nel caso particolare dell'economia questo si verifica nei modelli quando l'insieme di relazioni sono definite da un insieme di variabili e i dati empirici permettono di confermare o rifiutare le relazioni, oppure di chiarire le condizioni per cui risultano valide. Per questo motivo diviene necessario fare uso d'altri tipi di restrizioni, soprattutto se si considera il cambiamento strutturale. Una proprietà comune delle restrizioni (o vincoli) è che si tratta di condizioni conosciute, e per questo le teorie sono limitate dalle conoscenze di cui si dispone. Questo però non accade spesso nella prassi, data la divisione disciplinare, e così lo sviluppo delle teorie non prende in considerazione tutta l'informazione disponibile. Gaylard (1996, p. 1) suggerisce, ad esempio, l'utilizzo dell'approccio della scienza cognitiva.

Le teorie ed i modelli economici sono solitamente realizzati per casi particolari e semplici, con la convinzione che questi possano essere estendibili ai casi più difficili, sebbene un tale passaggio sia tutt'altro che facile, come dimostrato da certi modelli economici. Il rapido cambiamento delle strutture richiede una revisione delle forme di rappresentazione (i modelli) usate. La comune idea della comprensione dei casi semplici e particolari con lo scopo di poter gestire quelli più complessi e generali non è, tante volte, applicabile. Le scienze sociali tuttavia riconoscono che i fenomeni osservati ad un livello generale (o totalitario) sono diversi da quelli osservati a livello individuale (o dalle singole parti).⁷⁴ Le caratteristiche degli individui non possono essere dedotte da quelle del sistema sociale, o viceversa. Ciò non di meno, esiste un rapporto di dipendenza per il fatto che i sistemi sociali non possono esistere senza gli individui. Le scienze cognitive possono fornire alle scienze lo schema concettuale sui tipi di convinzioni, aspettative, capacità, ecc. che caratterizzano gli individui, giacché, come appena detto, la società emerge dall'interazione d'individui.

L'approccio conoscitivo si rivela, secondo Gaylard (1996, p. 2), atto a modellare il cambiamento strutturale: il sistema sociale è modellato in termini dell'interazione di

⁷⁴ Questo rapporto è stato discusso nella Sezione 6.1.

agenti conoscitivi⁷⁵ ed al livello degli agenti vi sono caratteristiche che persistono in situazioni di cambiamento ed anche in situazioni di stabilità.⁷⁶ Questo rapporto tra scienze sociali e scienze cognitive è un ulteriore esempio della varietà di approcci nella ricerca economica contemporanea; altri esempi rilevanti sono quelli del Santa Fe Institute e dell'economia evolutiva (questo ultimo approccio è discusso nella Sezione 13.1).

Sebbene siano noti i punti irrisolti della teoria economica tradizionale, così come i progressi apportati dai nuovi approcci e tecniche nella modellistica sociale, Edmonds (1996, p. 2) enumera alcune delle difficoltà con le quali la modellistica del cambiamento strutturale deve ancora confrontarsi:

Dipendenza dall'ambiente: nella realtà, le azioni umane, come le percezioni, i ragionamenti, la memoria, ecc., dipendono principalmente dal contesto. Un fattore primordiale da considerare quando si analizza il cambiamento strutturale sono gli effetti della dipendenza contestuale, giacché in situazioni in cui si produce un drastico cambiamento contestuale si verificano dei cambiamenti nei comportamenti.

Comunicazione imperfetta⁷⁷: la comunicazione è in generale imperfetta. Essa dipende dalla propria forma e contenuto. La trasmissione avviene attraverso diversi mezzi ed è limitata nel tempo o dalla capacità d'attenzione dell'interlocutore. L'effetto della comunicazione parziale o locale può variare in funzione della stabilità del sistema, perché in situazioni di cambiamento strutturale l'informazione diventa meno certa.

Capacità deduttive limitate: scarse capacità di ragionare sulle situazioni fanno sì che in situazioni di rapido cambiamento strutturale l'adattamento sia più lento e gli

⁷⁵ Sulle caratteristiche degli agenti conoscitivi vedasi Gaylard (1996).

⁷⁶ Tuttavia, questa affermazione fa sorgere delle incertezze: esistono nella realtà delle situazioni in cui gli individui non cambiano in nessuna circostanza di fronte ad un cambiamento dell'insieme sociale, o viceversa?.

⁷⁷ I modelli economici generalmente hanno ipotizzato che esista informazione perfetta, ossia dei sistemi in cui tutti gli agenti hanno la stessa informazione allo stesso momento.

agenti devono continuamente adattarsi ad un contesto che muta, ciò che in generale non conduce a situazioni stabili.

Possibilità illimitate (*'open-ended possibilities'*): esistono ampie possibilità tra le quali gli agenti possono scegliere (la combinatoria delle possibilità). Gli agenti, in generale, hanno a loro disposizione un insieme ridotto di possibilità, siano questi prodotti, strategie o tecnologie. Le innovazioni contribuiscono a trasformare il contesto economico tanto da produrre situazioni di cambiamento strutturale. A sua volta questo influisce sul divenire del sistema, che è legato al suo contesto in maniera reciproca.

Effetto sorpresa: l'incertezza caratteristica dei sistemi economici è stata in generale espressa attraverso distribuzioni di probabilità. In situazioni di cambiamento strutturale le conseguenze degli effetti inaspettati sono più significative che in situazioni di certa stabilità. Questo effetto però può difficilmente essere presentato soltanto in termini numerici attraverso tecniche matematiche tradizionali.

Da quanto sopra esposto, si può dire che la teoria dei sistemi si è trasformata notevolmente negli ultimi tempi, acquisendo un ruolo fondamentale nell'analisi scientifica. Bisogna però sottolineare che la *The System Age* descritta da Ackoff (1973) è ancora in auge, anche se approcci e scopi dell'analisi sistemica non sono più gli stessi. Inoltre l'impossibilità di dissociare la scienza dei sistemi, la corrispondenza formale e la logica omologa tra i sistemi stessi ed i fenomeni studiati dalle scienze, fanno sì che l'applicazione dei principi generali dei sistemi risulti come il punto di intensa tra le scienze. Questa disciplina invece di essere definita come da Bertalanffy (1968) la *General System Theory*, viene definita in questi ultimi tempi attraverso l'approccio dei sistemi complessi (vedasi Sezione 8.1).⁷⁸

⁷⁸ La *General System Theory* potrebbe diventare, da un punto di vista metodologico, un importante strumento di controllo e di stimolo per il trasferimento di principi da un campo ad un altro, evitando così la scoperta duplice o triplice di principi come conseguenza dell'isolamento tra le scienze (Bertalanffy 1968, p. 142).

I modelli che sono realistici per alcune applicazioni sono costretti in dei limiti spazio-temporali. Questo risulta evidente nei modelli economici che hanno una ‘validità’ temporale ed anche spaziale, che permettono di descrivere una realtà per un tempo limitato e sono applicabili soltanto in determinati spazi geografici. Le strategie per costruire modelli danno priorità a due dei tre fattori seguenti: realismo, precisione e generalità. Esse pertanto sacrificano generalità per realismo e precisione, realismo per generalità e precisione oppure sacrificano precisione per generalità e realismo (Puccia e Levins 1985, p. 10). L’ultima strategia sembra essere quella più adatta allo studio della dinamica economica strutturale dato che permette di comprendere le situazioni invece che concentrarsi nei calcoli che a posteriori vengono analizzati ed interpretati; perciò questa ultima strategia sembra che permetta di includere aspetti qualitativi cruciali per l’analisi delle dinamiche sociali.⁷⁹ Un modello matematico che descrive il complesso comportamento dei sistemi sociali, sensibili a cambiamenti strutturali, implicherebbe l’uso di espressioni matematiche sofisticate ed altamente non-lineari. Risulta dunque chiaro che l’analisi sistemica dovrà affrontare ancora diversi cambiamenti di paradigma - o, come definito da Sterman (2000, p. 895), delle sfide-, in modo che riesca ad includere aspetti come quelli enumerati da Edmonds (e sopra presentati) e sia capace di interpretare in modo più efficienti la dinamica dei sistemi complessi ed in particolare quelli sociali.

⁷⁹ Nonostante ciò, Puccia e Levins (1985) usano un linguaggio matematico molto semplificato, presentando così dei modelli altamente qualitativi ma poco accurati matematicamente.

8. SUI SISTEMI ECONOMICI

8.1. L'economia: un sistema complesso

L'economia è un sistema in cui le quantità osservate a livello macro derivano, o meglio emergono, dall'interazione tra gli individui o tra gli elementi del sistema. Gli approcci ed i metodi di ricerca economica tradizionali hanno avuto come uno degli scopi principali quello di controllare il sistema: l'economia a livello complessivo o gli agenti economici (quali le imprese, le industrie, le nazioni, ecc.). Questo tuttavia implica comprendere fino in fondo gli effetti di una politica, la quale inoltre deve restare invariata, in modo che diventi possibile controllare il sistema e prevederne il comportamento. Nonostante ciò tale approccio risulta inappropriato in quanto la fattibilità di previsione nei sistemi sociali è estremamente limitata, così come la possibilità di estrarre informazioni sull'interazione delle variabili economiche partendo dai dati aggregati. Come è stato ampiamente discusso nella ricerca degli ultimi decenni, questi tipi di approcci meccanicistici, statici, riduzionisti, ecc. sono poco idonei ad interpretare realisticamente l'economia.⁸⁰ Altri, di tipo non convenzionale, più recenti e interdisciplinari, consentono altresì di ottenere una nozione più precisa e dell'informazione più accurata riguardo ai sistemi sociali, permettendo così il disegno di politiche più concrete. Le formulazioni descrittive ed i fondamenti teorici della disciplina economica sono stati dominati dal trattamento meccanicista dell'informazione, dei parametri, delle decisioni e della conoscenza (Albin 1998, p. xviii). Le trasformazioni nelle tecnologie dell'informazione e la diversa gestione dell'informazione hanno influenzato l'andamento economico in diversi modi. Uno di questi è l'elaborazione dei dati nell'analisi economica stessa. La contemporaneità è dotata di strumenti informatici e di calcolo grazie ai quali è possibile elaborare in modo più esatto i dati ed impostare delle

⁸⁰ Ma non solo i sistemi economici, la teoria dei sistemi e la filosofia hanno pure messo in discussione l'idea di sistema. Morin (1977) scrive su questo argomento nella sua *La natura della natura*: 'il modello aristotelico (forma/sostanza) e il modello cartesiano (oggetti semplificabili e scomponibili), entrambi sottostanti alla nostra concezione degli oggetti, non costituiscono dunque un principio di intelligibilità del sistema. Questo non può essere compreso né quale unità pura o identità assoluta, né quale composto componibile. Ci occorre un concetto sistemico che esprima a un tempo unità, molteplicità, totalità, diversità, organizzazione e complessità.' (Morin 1977, Vol. 1, p. 140). Morin (1980) anche nella sua *La vita della vita* presenta il principio di complessità (anche se quello inerente al paradigma ecologico). Vedasi Morin (1980, Vol. 2, pp. 102-4).

analisi con implicazioni sistemiche e dinamiche.⁸¹ Tradizionalmente la scienza ha adoperato degli strumenti per osservare meglio un determinato problema, attraverso una migliore percezione fisica dello stesso, ne sono un esempio l'uso di microscopi o telescopi. Il computer come strumento permette invece di studiare e comprendere un determinato problema attraverso altre vie e consente inoltre di riconoscere dei meccanismi atti a definire i sistemi complessi. (Vicsek 2002, p. 131)

Tutte le teorie ed i modelli sono un'approssimazione della realtà, sebbene alcuni siano più esatti di altri, come nel caso della fisica quantistica. Pertanto, dal punto di vista della modellistica, tutte le aree della conoscenza hanno dei limiti tanto quanto la teoria dei sistemi complessi, le cui proprietà caratteristiche ne limitano nel contempo la conoscenza. Malgrado queste limitazioni della modellistica, l'analisi sistemica da una prospettiva 'complessa' è più adatta a comprendere e descrivere i sistemi, in cui ogni parte deve essere descritta in relazione alle altre e che sono inoltre caratterizzati da proprietà emergenti, tale è il caso dell'economia. In altre parole la realtà è un costrutto di tante parti legate vicendevolmente a diversi livelli e la loro interazione (tra parti e livelli) si manifesta in un comportamento complesso che richiede una diversa interpretazione da effettuare ad ogni livello. Essa consente di apprezzare l'emergere di nuove configurazioni, ragion per cui si può dire che una 'scienza della complessità' individuerà i principi che regolano il modo in cui compaiono nuove proprietà nel sistema.

La tradizionale modellistica sociale considera il sistema come attendibile, prevedibile e controllabile. Le implicazioni di queste considerazioni sembrano chiare se si pensa ad esempi quali il ciclo economico. L'idea che le fluttuazioni di corta durata siano intrinsecamente imprevedibili non è nuova nell'economia.⁸² I cicli economici e la

⁸¹ Su come la scienza economica può applicare e trarre vantaggi analitici dalle tecniche delle scienze cognitive e informatiche per modellare i suoi sistemi complessi, vi sono a disposizione innumerevoli siti Internet di istituti di ricerca, e di ricercatori, dedicati a questo scopo, che includono metodi, software, esempi, ecc. Vedasi ad esempio il sito di Leigh Tesfatsion ed in particolare il link su *agent-based computational economics*, i siti del Santa Fe Institute, del *Center for Human Complex Systems* dell'UCLA, dell'*Institute for Complexity Sciences* e del *Research Unit on Complexity in Economics* (entrambi a Lisbona), del *National Centre for e-Social Science* di Manchester, del *Center for Complexity Studies* a Ginevra, del New England Complex System Institute, ecc.

⁸² Friedman, et.al (1950, pp. 536-538), per esempio, ritiene che gli interventi di corta durata dei governi possono accentuare le fluttuazioni dei cicli economici, essendo scettico che i governi potevano prevedere gli eventi con l'esattezza sufficiente. Anche Fisher (1925, pp. 201-202) nel suo studio sui cicli conclude che le fluttuazioni dei prezzi sono dovute a fattori ciclici e non ciclici e perciò non è possibile distinguere i loro effetti separatamente. Inoltre i cicli differiscono nella loro durata, intensità e la sequenza delle loro fasi.

‘distruzione creativa’ di Schumpeter sono un chiaro esempio della dinamica dei sistemi economici. Viene detto che anche altri economisti, di scuole di pensiero diverse, sono arrivati a simili conclusioni. Oltre alla domanda se il cambiamento futuro possa essere previsto con qualsiasi ragionevole grado di esattezza, non esiste neppure un unico criterio relativo al controllo delle variabili e neppure per quanto attiene agli effetti delle politiche economiche. I cambiamenti nelle variabili hanno effetti diversi che non sono stati ancora ben compresi. Ad esempio non si è ancora riusciti a stabilire chiaramente l’impatto definitivo delle variazioni del tasso di interesse o della spesa pubblica, sebbene nessuno dubiti del loro effetto sul corso dell’economia.⁸³

Inoltre i modelli economici sono stati costruiti sull’ipotesi che il rapporto tra le variabili è invariabile nel tempo. Anche se la non linearità tra le variabili è rappresentata nei modelli, il rapporto tra di esse è statico, il che significa che i modelli sono dinamici anche se il comportamento degli elementi del sistema non cambia nel tempo. Una caratteristica dei sistemi complessi è proprio che il comportamento degli elementi che compongono il sistema non è invariabile nel tempo ed essi possono pertanto cambiare in funzione del comportamento degli altri.

In questo modo l’approccio convenzionale di controllare il sistema è subordinato alla possibilità di prevederne il comportamento e gli effetti che determinati cambiamenti provocano su di esso. Tuttavia l’accuratezza di questo tipo di analisi è discordante con la natura dei sistemi sociali. Questi, ed in particolare l’economia, sono sistemi complessi in cui il comportamento macroscopico del sistema ha delle proprietà diverse da quelle osservate nelle singole parti, ovvero l’interazione di tanti individui o elementi provoca un complicato comportamento complessivo diverso da quello frammentario. In effetti è il concetto stesso di sistema ciò che permette di avvicinarsi a quello che si intende per complessità, poiché essa deriva dal modo in cui gli elementi dell’insieme si relazionano tra loro, essendo in generale a loro volta essi stessi dei sistemi complessi. Va inoltre evidenziato che il comportamento a lungo termine di un sistema complesso non è

⁸³ Una delle ragioni attribuite al mancato accordo teorico sugli effetti del cambiamento in alcune variabili (politica economica) è l’insufficiente informazione (inerente al rapporto tra le variabili) sui dati economici che vengono usati per le previsioni.

prevedibile. Altri sistemi invece, pur sembrando complessi, hanno un comportamento prevedibile una volta individuati tutti i suoi elementi e le loro relazioni, tale è il caso di alcuni sistemi fisici e meccanici quali i robot, i satelliti, ecc.

La complessità è un concetto inerente all'interdisciplinarietà e dispone di un ampio raggio d'applicazione, motivi che potrebbero essere la ragione per cui non si dispone di una teoria unificata. È possibile tuttavia riconoscere dei tratti comuni nelle diverse correnti; da una parte il loro orientamento analitico e dall'altra le caratteristiche generali di questi tipi di sistemi. Ci sono diversi approcci orientati allo studio dei sistemi complessi e tra le più diffuse ci sono la teoria dei 'sistemi dissipativi'⁸⁴ e la teoria dei 'sistemi complessi evolutivi'.⁸⁵

La prima teoria non è finalizzata all'equilibrio in quanto fine presunto del processo, bensì ai processi di perturbazione (dell'ambiente) che portano ad un ordine organizzativo (*self-organization*). Sono chiamati sistemi dissipativi perché possono produrre entropia negativa, detta anche neghentropia, quindi ordine, dissipando l'energia e l'entropia. Sono sistemi aperti, sottoposti all'effetto dell'ambiente o di fluttuazioni. Queste ultime si annullano negli stadi vicini all'equilibrio e nei sistemi lontani da esso (strutture dissipative), si organizzano e danno luogo alla comparsa di nuove strutture. Meccanismi non lineari di interazione stabilizzano e ampliano la fluttuazione e portano il sistema ad

⁸⁴ Questa teoria ha origine nel campo della fisica e della chimica degli anni '70, in particolare nello studio ed interpretazione dei processi fisico-chimici della termodinamica e più precisamente del suo secondo principio, più tardi però è stata adattata ad altre aree della conoscenza quali l'evoluzione spaziale, il cambiamento delle organizzazioni, rivoluzioni politiche, cambiamenti nei sistemi politici, ecc. Il più noto rappresentante di questa teoria è Ilya Prigogine e l'esempio più famoso di un sistema con struttura dissipativa è forse quello dell'instabilità di Benard (l'esperimento in cui un liquido viene scaldato in modo omogeneo, la fluttuazione viene smorzata e il calore passa attraverso il liquido per conduzione ma, a un certo grado critico, il calore si propaga per convezione per spostamento di particelle e compare improvvisamente un'organizzazione molecolare). I processi termodinamici sono stati spiegati sostanzialmente come un'evoluzione verso l'equilibrio. Invece Prigogine (Prigogine 1976; Nicolis e Prigogine 1977, 1989; Prigogine e Stengers 1984) si interessa alla termodinamica del non-equilibrio delle attività macroscopiche organizzate, dei processi chimici e della vita. Vedasi, per esempio, Nicolis e Prigogine (1977) oppure Prigogine (1987).

⁸⁵ Questo secondo approccio della teoria dei sistemi complessi è stato principalmente il risultato della ricerca multidisciplinare dal Santa Fe Institute-SFI (New Mexico). Lo scopo principale del programma di ricerca del SFI è stato la riunione delle scienze naturali e sociali nello studio dei processi economici dinamici non-lineari e dei processi di adattamento dei sistemi evolutivi. Le proprietà ed i meccanismi basilari dei sistemi complessi evolutivi sono stati analizzati da diversi autori e discipline, ma soprattutto nel campo delle scienze sociali. Sono noti, ad esempio, Arthur con i meccanismi di rinforzo (*feedback* positivo), Holland con i processi adattativi, Brock nella non-linearità nelle serie di tempo finanziarie, Krugman con i sistemi auto-organizzativi e la geografia economica, Kauffman con la selezione e l'evoluzione, Leijonhufvud in macroeconomia, Durlauf in *new social economics*, Lane in strategia ed economia aziendale, e tanti altri. La maggior parte di questi lavori realizzati dal SFI sull'economia in una prospettiva di complessità sono stati presentati in due volumi (1988 e 1997): *The economy as an evolving complex system* (I e II).

una condizione macroscopica nuova e imprevedibile. La teoria dei sistemi dissipativi offre alcuni spunti importanti per comprendere l'emergere di nuove strutture (Vedasi Capitolo 9).

Nella teoria dei sistemi complessi evolutivi il comportamento del sistema viene definito in termini di 'agenti' (*agent-based*⁸⁶). La struttura in questi tipi di modelli è rappresentata attraverso equazioni che descrivono il comportamento individuale di agenti eterogenei che interagiscono in modo non-lineare in un ambiente determinato. L'interazione tra gli agenti non è controllata da un meccanismo centrale, ma ognuno di essi si comporta in accordo ai propri principi o regole. Inoltre nessun agente ha un controllo o effetto diretto sul comportamento o cambiamento del sistema o dell'ambiente. L'organizzazione in questo tipo di sistema è in generale di tipo gerarchico, in cui ad ogni livello di organizzazione il sistema ha le sue proprietà e relazioni. Agenti di livello gerarchico diverso possono interagire tra loro. L'ambiente di tali sistemi è formato da altri sistemi complessi evolutivi ed un cambiamento nell'ambiente (negli altri sistemi) può generarne altri nel comportamento del sistema considerato e viceversa.⁸⁷ In questo modo i sistemi complessi evolutivi sono formati da agenti eterogenei in un costante processo di apprendimento e di adattamento, che influenzano e sono influenzati dal loro ambiente circostante.

⁸⁶ Cioè dei modelli con agenti individuali e/o multi-agenti (*individual-based models* e/o *multi-agent systems*).

⁸⁷ Alcuni modelli *agent-based* sono stati associati ad una posizione nello spazio geometrico (*spatially explicit*), cioè modelli di sistemi in cui ciò che importa è la forma e lo spazio è irrilevante, come nel caso dei sistemi a rete (*network structures*). Altri modelli esibiscono anche mobilità, come ad esempio un modello di un ecosistema naturale in cui gli animali hanno mobilità, ma non le piante. Esiste una corrispondenza tra i modelli *agent-based* ed i modelli di automi cellulari (*cellular automata*). Questi ultimi sono simili ai modelli *agent-based* riferiti ad uno spazio specifico ed immobili, entrambi sono anche *grid-based*. Ogni elemento dell'automa in una griglia spaziale regolare è detto *cella* e può essere in uno degli stati finiti che la cella può avere (*finite state machine* o *finite automaton*). Gli automi cellulari sono stati applicati nella produzione di modelli in grado di simulare il comportamento distribuito e di auto-organizzazione di alcuni sistemi dinamici non-lineari. Questi tipi di modelli sono applicati a sistemi particolari, poiché tutte le celle in questi sistemi sono omogenee (identiche) e lo stato generale dell'automa evolve in passi temporali discreti. Per una spiegazione teorica di modelli con automi cellulari di una e due dimensioni vedasi Larsen, E. e Lomi, A. (1999): *Evolutionary model of local interaction: a computational perspective*, in Baum, J. e McKelvey, B. (1999): *Variations in Organization Sciences*, pp. 255-278. Inoltre, sull'applicazione di questi modelli, vedasi Albin (1998): *Barriers and Bounds to Rationality: Essay on Economic Complexity and Dynamics in Interactive Systems*. Un tipo particolare di modelli di automi cellulari sono anche quelli fondati nella *Percolation*, i quali permettono di rappresentare relazioni in una topologia spaziale chiamata *square lattice* in cui l'occupazione, contagio o propagazione delle celle è casuale con una probabilità p (rappresentazione che attinge dalla *random graph theory*), con lo scopo di riconoscere la formazione di *clusters* o gruppi di celle con caratteristiche omogenee, e quindi di identificare la transizione del sistema o la propagazione di uno stato attraverso il tempo. Sulla *Percolation* vedasi Ahorony, A. e Stauffer, D. (1992): *Introduction to Percolation Theory*. Alcuni metodi di ottimizzazione, tali gli algoritmi genetici, usano anche dei modelli *agent-based*, in cui gli agenti cercano di raggiungere un ottimo globale, vedasi ad esempio Holland, J. (1992): *Genetic Algorithms*.

Entrambe le teorie, sia quella dei sistemi dissipativi che quella dei sistemi complessi evolutivi, si concentrano sullo studio di sistemi che possiedono la capacità di cambiare e creare nuove strutture in maniera spontanea. Tuttavia la specificazione della struttura in entrambi gli approcci è diversa. Nel primo caso il sistema è descritto da un punto di vista generale o macroscopico⁸⁸, nel secondo, invece, l'analisi parte dalla descrizione delle componenti del sistema, ossia da un livello micro, ma ad ogni modo contempla come il continuo processo di apprendimento e adattamento dei componenti (agenti) influisca e venga influenzato dal sistema nel suo complesso e dall'ambiente. Le sopraindicate teorie, ed in particolare la seconda, si prestano ad analizzare in modo appropriato le caratteristiche dei sistemi economici evolutivi.

L'economia evolutiva è la corrente analitica che studia la complessità nelle scienze economiche. Essa considera la maggior parte dei fenomeni economici non-lineari, in una sorta di squilibrio dinamico, ed inoltre suggerisce che un'appropriata descrizione del sistema economico permette di individuare degli elementi o delle proprietà emergenti risultanti dei cambiamenti tecnologici e della conoscenza. L'economia evolutiva si serve delle metafore biologiche come linee-guide nei suoi modelli, in cui la storia gioca peraltro un ruolo fondamentale poiché il cambiamento può essere inteso solamente come processo storico. Freeman e Louça (2001) segnalano che l'economica debba venir compresa attraverso il ragionamento storico, vale a dire avvalendosi di un approccio che includa la storia dei cambiamenti tecnologici e strutturali, la co-evoluzione di movimenti economici e sociali e considerando pure l'ambiente istituzionali e normativo. Inoltre il suddetto tipo di approccio permette di includere uno degli aspetti più significativi dell'evoluzione economica, ovvero l'interdipendenza tra i processi che avvengono in entrambi i livelli, micro e macro. Ragion per cui tale approccio è quello che sembra essere più adatto per lo studio della dinamica strutturale ed i cambiamenti tecnologici e viene dunque ripreso ed approfondito nella Parte III.⁸⁹

⁸⁸ Gli elementi del sistema hanno una struttura interna fissa, per questo motivo l'organizzazione e l'emergere di nuove strutture sono considerate una risposta del sistema alle condizioni mutevoli dell'ambiente.

⁸⁹ L'approccio evolutivo permette soprattutto di accogliere le particolarità dei fenomeni sotto esame, poiché quelli sociali ed economici sono tra loro diversi e strettamente dipendenti dal tempo (ovvero dalla storia). Questo approccio utilizza la metafora biologica per descrivere la transizione economica e sociale. Le metafore vengono considerate come un modo intuitivo per raggiungere delle conoscenze su di una materia e non soltanto come strumento retorico (Hodgson

In definitiva si può affermare che le teorie dei sistemi complessi sono indirizzate allo studio della dinamica dei sistemi in stato di non-equilibrio, composti da una molteplicità di agenti (individui o elementi) che interagiscono in maniera non-lineare. In questi tipi di sistemi il cambiamento è di tipo endogeno e dà luogo a nuove strutture, nel senso che l'analisi della complessità si focalizza sulla capacità dei sistemi di generare e cambiare la propria struttura attraverso un meccanismo di auto-organizzazione e senza l'intervento di meccanismi di controllo.⁹⁰

Dal momento che la ricerca sui sistemi complessi non è stata strutturata in una teorica unificata, ogni approccio ha definito ed enumerato, dalla loro prospettiva, le caratteristiche dei sistemi complessi. Alcune di esse risultano evidenti come ad esempio il numero degli elementi (esistono sistemi complessi composti da pochi elementi, mentre sono composti da un alto numero quelli naturali e sociali), la non-linearità nell'interazione tra gli elementi (ossia che non esiste una relazione proporzionale tra gli elementi), il fatto che le relazioni possono essere non regolari ed inoltre l'assunzione che il sistema sia aperto (il sistema scambia informazione con l'ambiente).⁹¹ Altre caratteristiche, invece, differenziano un approccio dell'altro e nel caso della teoria dei sistemi complessi evolutivi vengono enumerate da Arthur, et al. (1997, p. 3-4):

1996, p. 18). Questo è facilmente deducibile se si considerano i modelli come delle metafore dei sistemi (Vedasi Sezione 6.2).

⁹⁰ Un esempio dei meccanismi di controllo in economia sono i modelli che raggiungono lo stato di equilibrio tramite l'approccio meccanicista, caratterizzati da circuiti di retroazione negativa e dall'omeostasi. Quelli invece con circuiti di retroazione positiva contemplano una perdita di stabilità o di equilibrio, in quanto i dati reintrodotti nel sistema aumentano le variazioni in uscita secondo regole prestabilite, destabilizzando così il sistema.

⁹¹ Prigogine (1987, p. 98-99, 103) presenta l'irreversibilità ed il comportamento stocastico come caratteristiche fondamentali della complessità. Queste caratteristiche sono relazionate alla condizione di non-equilibrio la quale, a sua volta, è determinata dalla sensibilità del sistema all'ambiente. Inoltre la condizione di non-equilibrio è legata alla non-linearità del sistema, entrambe danno luogo ad una molteplicità di stati fissi (*stable states*) anziché uno, come nel caso dei sistemi in condizioni di prossimità all'equilibrio (*near-from-equilibrium situations*). In particolare i sistemi dissipativi possono essere assenti da perturbazioni, poiché questi sono caratterizzati da attrattori (*attractors*), anche nel caso presentino delle strutture assai complesse. L'impossibilità di previsione è una caratteristica che anche Prigogine (1987, p. 102) attribuisce ai sistemi complessi, in particolare egli accenna che siccome non è possibile imporre le condizioni iniziali per indurre il sistema a raggiungere un determinato punto, il futuro dello stesso rimane libero (*the future remains open*). Secondo Prigogine (1987, p. 97) la scienza deve essere ridefinita in termini dell'evoluzione, della diversificazione e dell'instabilità che caratterizzano la natura, considerando anche che esistono tanto dei fenomeni deterministici quanto di tipo stocastico, reversibili come irreversibili.

- a. Interazioni diffuse (*dispersed interaction*): individui omogenei o eterogenei che interagiscono simultaneamente, ovvero si comportano in base alle azioni ed alle reazioni degli altri, riconfigurando il sistema a livello complessivo.
- b. Nessun regolatore centrale (*no global controller*): assenza di un meccanismo di controllo, tranne la concorrenza, la coordinazione e l'ambiente legale ed istituzionale che regola l'andamento economico.
- c. Organizzazione gerarchica in rete (*cross-cutting hierarchical organization*): l'organizzazione del sistema è definita da relazioni incrociate a diversi livelli.
- d. Adattamento continuo (*continual adaptation*): gli agenti accumulano esperienza che permette di riordinare e rivalutare il sistema.
- e. Effetti imprevisti (*perpetual novelty*):⁹² il sistema, o dei gruppi particolari, sono capaci di produrre innovazioni, funzioni e strutture che non esistevano in precedenza.
- f. Dinamica di non-equilibrio (*out-of-equilibrium dynamics*): il sistema non funziona in un punto ottimo o di equilibrio, i continui cambiamenti, adattamenti o delle proprietà emergenti non permettono che l'economia sia in uno stato di stabilità o prevedibilità.

Si può dire tuttavia che le caratteristiche più importanti per l'analisi dei sistemi complessi e per la modellistica dei sistemi economici siano:

1. Impossibilità di previsione nel lungo termine;
2. proprietà emergenti;
3. possibilità di storie parallele.

⁹² Equivalente all'effetto sorpresa di Edmonds (1996). Vedasi Capitolo 7.

Queste tre caratteristiche sono interdipendenti tra loro, poiché una implica l'altra e viceversa. Inoltre queste tre caratteristiche sono un'implicazione diretta o indiretta delle suddette caratteristiche enumerate da Arthur et al. (1997, p. 3-4), ma non definite qui come le più importanti. Per esempio l'impossibilità di previsione nel lungo termine è legata alla topologia degli elementi⁹³ (dispersa, gerarchica, in rete), ma anche al fatto che non esiste un meccanismo di controllo centrale, considerando che questo ultimo è legato alla dinamica di non-equilibrio del sistema. Vale a dire che siccome il sistema non è regolato da un'entità centrale di controllo, ciò che solitamente nei modelli economici garantisce il raggiungimento di un obiettivo (punto ottimo o equilibrio), esso è invece auto-organizzativo ed in continuo adattamento. Pertanto il comportamento del sistema a lungo termine torna ad essere di natura incerta.

In aggiunta l'emergere di nuove proprietà rende difficoltosa la possibilità di prevedere il comportamento futuro del sistema. Le proprietà emergenti danno luogo a nuove strutture del sistema, il che è legato alla complessità del sistema. Ad esempio è dipendente dall'apertura del sistema, ovvero dallo scambio continuo di informazione con l'ambiente (il quale non può essere controllabile), agli effetti imprevisi che influenzano il sistema ed ai quali deve adattarsi, oppure in generale ai suoi processi di adattamento continuo. Per quanto attiene all'apertura del sistema e alle proprietà emergenti vedasi le Sezioni successive del presente Capitolo 8. Inoltre la possibilità che esista una contemporaneità di avvenimenti (storie parallele) fa sì che sorgano degli effetti imprevisi (sorpresa) e che non sussista quindi possibilità di previsione. L'inevitabilità di storie parallele sembra chiara dal momento che si considera l'interazione tra elementi in continuo adattamento ed a dipendenza dal modo in cui queste storie si evolvono è possibile che sorgano delle proprietà emergenti.

Va ricordato che in passato la realtà era studiata attraverso semplificazioni ed analisi, ed in alcuni casi e sistemi particolari, queste idealizzazioni o modelli

⁹³ Inoltre l'eterogeneità degli elementi legata all'assenza di un meccanismo di controllo fa sì che le possibilità di previsione siano minori. Un meccanismo di controllo implica certa omogeneità tra gli elementi, vale a dire, gli elementi reagiscono nella stessa maniera a determinate azioni oppure gli elementi si comportano in funzione del raggiungimento di uno scopo comune (ciò che in un certo modo implica anche coordinazione tra gli elementi).

rappresentavano con successo la realtà. In altri tipi di sistemi però, probabilmente nella maggior parte di essi, quell'approccio di rappresentazione non permetteva di spiegare in modo corretto la natura dinamica dei sistemi. Nel comportamento di tanti sistemi la casualità e il determinismo risultano entrambi rilevanti, vale a dire che sono sistemi nell'*edge of chaos*. Si tratta perciò di sistemi che mostrano un comportamento regolare, ma possono anche cambiare drasticamente e stocasticamente nel tempo e/o spazio come conseguenza di piccole variazioni nelle condizioni del sistema stesso. Questa caratteristica è una delle proprietà più importanti dei sistemi complessi (ciò che nei paragrafi precedenti è stato denominato effetto imprevisto o sorpresa). Ogni nuovo livello è caratterizzato da nuove proprietà, ovvero ne dispone di emergenti. Nel tentativo di costruire una teoria della complessità sono stati proposti alcuni principi (come quelli della *self-organization*, *self-adaptation*, ecc.) benché, fin ora, non esiste una teoria unificata riguardante il modo in cui gli elementi di un sistema si organizzano per dare luogo a comportamenti determinati su grande scala.⁹⁴

Nel caso particolare dell'economia gli strumenti matematici sono stati usati dalle scienze economiche per rappresentare linearità, punti fissi (*fixed points*) e sistemi d'equazioni differenziali, anziché utilizzare congiuntamente altri strumenti matematici (come il calcolo combinatorio o processi stocastici a livello della dinamica di popolazioni) ed informatici (*computer modeling*), in modo di poter enfatizzare i processi di cambiamento delle strutture (Arthur et al. 1997, p. 4). L'utilizzo del computer come strumento non viene più usato esclusivamente per simulare modelli e predire, permette invece di dare luogo a nuove interpretazioni concettuali riguardanti il problema ed il comportamento del sistema e d'identificare inoltre schemi di comportamento nella vasta varietà di fenomeni nel momento in cui le unità dei sistemi complessi interagiscono.

⁹⁴ Sebbene questi approcci per lo studio dei sistemi complessi rischino di possedere ancora l'attitudine e la concezione classica della teoria dei sistemi, cioè quella di proporsi di identificare leggi formali che siano comuni a diversi fenomeni o campi della scienza (*isomorphic laws*). In altre parole, considerando che non ci sono soltanto aspetti generali e punti di vista simili tra le diverse scienze ma anche leggi applicabili a tutte (Bertalanffy 1950, p. 136). Ad esempio l'interesse dell'approccio *interaction-based* (contenuto nella teoria dei sistemi complessi evolutivi) è quello di identificare strutture generali comuni in problemi apparentemente diversi come quello dell'agglomerazione industriale o la diffusione tecnologica (Blume e Durlauf 2001, p. 15). Un altro esempio è l'applicazione della legge di potenza o legge di Zipf (1949), anche se questa da sola non permette di caratterizzare l'esistenza di complessità, ma è comunque considerata una legge universale che permette di descrivere una molteplicità di circostanze indipendentemente dalle particolarità del sistema.

Come enunciato nel Capitolo 5, l'analisi sistemica non dovrebbe però sottovalutare la differenza -ontologica o epistemologica - esistente tra sistema e modello del sistema. La definizione del primo avviene attraverso i modelli e dal momento che la sua impostazione viene definita *a priori* in uno di essi, il comportamento del sistema stesso, con maggior o minor grado di precisione, diventa prevedibile nel tempo. Si contrappongono dunque due importanti aspetti: la concezione dei sistemi complessi ed il disegno dell'organizzazione del sistema in un modello. In quest'ultimo il sistema viene disegnato per comportarsi in un determinato modo, anche se evidentemente certi approcci permettono di raccogliere in maniera più realistica la dinamica dei sistemi.

L'approccio 'complesso' nelle scienze sociali è uno di quelli, poiché è focalizzato a capire la dinamica dell'interazione tra individui indipendenti e la loro configurazione su grande scala, non soltanto dunque come essi si comportano in modo individuale. Consente inoltre di capire il processo di adattamento continuo degli individui, il modo in cui si organizzano in un tutto⁹⁵ e l'evoluzione di esso. Il dinamismo dei sistemi complessi dà luogo a cambiamenti qualitativi ed i metodi e strumenti di cui dispone l'analisi complessa permettono di accogliere nei modelli questi tipi di cambiamenti. I suddetti metodi, come accennato precedentemente, si servono del computer⁹⁶ per simulare la storia dei sistemi e attraverso di essi riportare delle proprietà emergenti, risultato dell'interazione degli individui o agenti. La particolarità più importante di questa concezione complessa dei sistemi sociali, però, è probabilmente la considerazione dello scopo scientifico: indirizzato alla comprensione ed alla spiegazione dei sistemi piuttosto che alla loro previsione.

8.2. I sistemi ed il loro ambiente circostante

Il 'tutto indivisibile' chiamato sistema è composto da parti e dalle loro relazioni, le quali, come accennato nei capitoli precedenti, determinano il comportamento o le attività svolte dal sistema stesso. Tuttavia, il comportamento o le attività svolte dal sistema dipendono altresì dall'ambiente circostante, ovvero da quella parte considerata come

⁹⁵ Ossia ha una visione olistica.

⁹⁶ Da questo il nome di alcune delle metodologie d'indagine quali *Agent-Based computational economics*.

l'intorno del sistema. Dall'ambiente giungono gli *input* e nell'ambiente si depositano gli *output* del sistema, ma l'ambiente non è considerato come parte integrante del sistema, bensì come qualcosa indispensabile per definire il sistema a sé stante.

Più precisamente, l'ambiente circostante è quella parte dell'ambiente 'rilevante' per il modellatore (o per l'analisi).⁹⁷ Il modellatore, attraverso un processo d'astrazione, delimita l'oggetto d'interesse e lo definisce come un sistema, ma ciò implica anche una delimitazione di ciò che dall'ambiente appare interessante ed importante per il sistema. L'ambiente circostante — o quell'ambiente rilevante — dunque viene definito arbitrariamente dal modellatore, nello stesso modo in cui il sistema viene definito — sempre arbitrariamente — come tale. Inoltre, dato che i sistemi sono artificiali nella loro composizione, è dunque considerato artificiale anche l'ambiente. Ma questa artificialità si distingue da quella condizione che caratterizza i componenti dei sistemi, i quali, in molti casi non sono oggetti fisici ma astratti, e quindi 'artificiali' dal momento che sono delle costruzioni mentali (nonché interpretazioni soggettiviste) come ad esempio possono risultare le variabili numeriche, le misure economiche, l'informazione o le relazioni tra oggetti reali o astratti. In questo modo, l'artificialità dei componenti si colloca ad un livello di astrazione maggiore rispetto a quello dei sistemi — e al loro ambiente. Tutto ciò appare più chiaro se si considera la rappresentazione dei sistemi, ovvero riflettendo sui loro modelli.⁹⁸

Ciò che viene definito come modello è la descrizione e la rappresentazione della realtà che si ottiene dallo studio di un sistema. I modelli sono allo stesso tempo la causa e il risultato di un processo d'astrazione; quest'ultimo permette di mostrare, studiare e conoscere gli aspetti considerati rilevanti laddove l'oggetto fenomeno od oggetto modellato non sia accessibile. Attraverso un processo d'astrazione si 'estrae' — dai sistemi reali⁹⁹ — quell'insieme di particolare interesse per il modellatore. Generalmente

⁹⁷ L'ambiente rilevante di un sistema è formato da tutti quegli aspetti che hanno un effetto sul comportamento del sistema nonché quegli aspetti che subiscono l'effetto del sistema ma che tuttavia non lo ricambiano con il sistema (in quel caso, questi aspetti dovrebbero essere inclusi come parte integrante del sistema). In altre parole, l'ambiente rilevante è formato da quegli aspetti considerati esterni al sistema ma che inviano degli *input* al sistema o ricevono degli *output* dal sistema (Daellenbach 2003, pp. 30-1).

⁹⁸ Sulla definizione di sistema e modello vedasi rispettivamente Sezione 6.1 e 6.2.

⁹⁹ Sistemi reali in prevalenza complessi come per esempio quelli sociali ed economici.

il comportamento del sistema, in particolare quella parte rappresentata nel modello, consiste in un processo di trasformazione: ossia *input* dall'ambiente che vengono trasformati in *output*.¹⁰⁰ Con i modelli, pertanto, si tracciano i confini del sistema e se ne definiscono i limiti con l'ambiente. Inoltre, dal momento che nell'ambiente ci sono degli aspetti di interesse — e non — per il modellatore, la definizione di ambiente risulta arbitraria e artificiale.¹⁰¹ In questo modo, la rappresentazione dei sistemi, ovvero i modelli, risultano artificiali nella loro composizione e arbitrari nella loro delimitazione.

L'arbitrarietà della descrizione dei sistemi (modellistica)¹⁰², legata alla delimitazione del sistema come tale, riguarda anche il 'grado di risoluzione' (*degree of resolution*) usato per rappresentare i componenti del sistema, ossia il livello d'astrazione usato per interpretare il contesto da analizzare (Daellenbach 2003, p. 35).¹⁰³ Esiste perciò un significativo grado di arbitrarietà nel modo in cui i sistemi vengono definiti e nel livello d'astrazione usato, quindi nello stabilire i loro limiti (*boundaries*).¹⁰⁴ Il grado di risoluzione o livello d'astrazione determina inoltre una gerarchia tra i sistemi. Dal momento che 'qualunque cosa' viene considerata sistema — alcuni aspetti vengono considerati come parti integranti del sistema e altri invece come parte integrante dell'ambiente —, i limiti del sistema vengono definiti ed esso viene inserito (o contenuto)

¹⁰⁰ Ci sono, in ogni genere di scienza o disciplina, numerosi esempi di processi di trasformazione come, per esempio, una pianta che esposta alla luce trasforma acqua e anidride carbonica (*input*) in carboidrati e ossigeno (*output*), una stampante che trasforma e trasferisce su carta o su materiali di altra natura (*output*) le informazioni digitali contenute in un computer (*input*), la conoscenza e l'apprendimento umano (*input*) che trasferita e diffusa crea ricchezza e sviluppo economico (*output*), ecc.

¹⁰¹ Il sistema necessita di *input* per funzionare, ma non li può produrre (o non li può produrre in quantità sufficienti). Gli *input* possono anche rappresentare dei vincoli al sistema, ovvero vincolare il comportamento del sistema. Inoltre gli *input* sono incontrollabili o, almeno, sono ipotizzati come tali, poiché questi non dovrebbero influire sulle decisioni prese sul sistema. Ci sono tuttavia anche degli *input* sui quali il modellatore ha un certo controllo. Gli *output*, invece, vengono 'rilasciati' dal sistema nell'ambiente e includono anche delle misure che denotano le prestazioni del sistema (*measures of performance*) nonché altri tipi indicatori sul suo comportamento. In questo modo, l'ambiente rilevante è inserito in un ambiente molto più esteso — 'nell'universo' —, ma dal momento che questo non influisce sul sistema (né viceversa) è considerato irrilevante e quindi può essere ignorato (Daellenbach 2003, p. 31). Sulle regole per identificare i componenti del sistema, gli *input* (controllabili e non) e gli *output*, vedasi Daellenbach (2003, pp. 84-8).

¹⁰² L'arbitrarietà — nella divisione o raggruppamento delle entità reali — implica che i sistemi siano concetti astratti soggettivi.

¹⁰³ Secondo Daellenbach (2003, p. 35) questo livello d'astrazione dipende dal grado di dettaglio o di risoluzione che il modellatore adotta per descrivere il sistema.

¹⁰⁴ Dalla determinazione di questi limiti (*boundaries*) dipende la natura dei processi di trasformazione che si rappresentano del sistema (e quindi la natura degli *output*) e, secondo Daellenbach (2003, p. 31), anche 'chi' o 'che' si beneficerà degli *output* e 'chi' o 'che' soffrirà gli effetti indesiderati di essi. Inoltre, esistono delle procedure che permettono di valutare la delimitazione dei sistemi — partendo dal fatto che i sistemi sono delle 'interpretazioni' del mondo reale —, come per esempio è la procedura della *Critical Systems Heuristics* (CSH). Su questa procedura vedasi Ulrich (1996).

in un contesto più ampio. Nel contempo il suddetto sistema contiene (o è formato) da altri sistemi. Più precisamente, gli elementi che non hanno un rapporto con gli altri elementi del sistema non faranno parte di esso, ma piuttosto dell'ambiente.

In questo modo, se si considerasse l'ambiente si dovrebbero esaminare sistemi più grandi poiché un sub-sistema è in sé un sistema, nonostante esso sia anche una parte del sistema. La concezione di sistema e di sub-sistema, da una parte, si scambia secondo il grado d'astrazione mentre d'altra parte questa differenziazione si fonda su sistemi e sub-sistemi, ovvero su sistemi il cui ambiente è un sistema più grande. Si evince anche che il grado di astrazione definisce la sopraindicata gerarchia.¹⁰⁵

Si trovano in natura ammassi, aggregati di sistemi, flussi non organizzati di oggetti organizzati. Ma ciò che è notevole è il carattere polisistemico dell'universo organizzato. Questo è una stupefacente architettura di sistemi che si edificano gli uni sugli altri, gli uni fra gli altri, gli uni contro gli altri, che si implicano e si embricano vicendevolmente, con un gran gioco di ammassi, plasmì, fluidi di microsistemi che circolano, galleggiano, circondano le architetture composte da sistemi. Così l'essere umano fa parte di un sistema sociale, nell'ambito di un ecosistema naturale, il quale si trova nell'ambito di un sistema solare, il quale è nell'ambito di un sistema galattico: esso è costituito da sistemi cellulari, i quali sono costituiti da sistemi molecolari, i quali sono costituiti da sistemi atomici. Vi sono, in questa catena, accavallamenti, grovigli, sovrapposizioni di sistemi, e vi sono, nella dipendenza che lega per esempio un organismo vivente, sul pianeta Terra, al Sole che lo annaffia di fotoni, alla vita esterna (ecosistema) e interna (cellule ed eventualmente microrganismi), un fenomeno e un problema chiave. (Morin 1977, Vol. 1, pp. 111-2)

Inoltre l'arbitrarietà concede la possibilità di avere diversi modelli dello stesso sistema. A questo punto risulta ancora rilevante sottolineare la differenza tra la struttura del sistema e quella del modello. Quest'ultimo è la rappresentazione di una parte del sistema, ossia, l'ipotesi che il modellatore dà sulla struttura del sistema. Il sistema stesso può essere quindi rappresentato attraverso diverse strutture che si formulano in un modello; questo è il risultato dell'impossibilità di conoscere 'qualcosa' con certezza, di conoscere la struttura del sistema. Diventa perciò possibile fare solamente delle ipotesi sul sistema, sulla sua struttura, fare delle ipotesi strutturali che costituiscono la struttura del modello. Emerge un'altra volta che la definizione di un sistema come tale è qualcosa di arbitrario e che questa definizione è fondata sulla soggettività consensuale (*consensual*

¹⁰⁵ In questo modo, si può dire sinteticamente che sia la definizione dei limiti del sistema (*boundaries*) che la conseguente gerarchia sono possibili attraverso un processo d'astrazione. Infatti, secondo Morin (1977, Vol. 1, p. 112), in Natura vi 'sono i sistemi di sistemi a filze, a grappoli, a polipi, a cespugli, ad arcipelaghi' e così 'la vita è un sistema di sistemi di sistemi'.

subjectivity). Il sistema è composto da diverse strutture, sebbene questa partizione sia soggettiva e conseguenza delle necessità di studio (o dell'interesse del modellatore), in altre parole, nei sistemi reali non esistono delle divisioni oggettive o concrete.¹⁰⁶ Inoltre si può affermare che ogni sistema è formato da strutture —rappresentate nei modelli —, non propriamente sistemi ma raffigurazioni di essi. Per esempio, Piaget (1970, p. 7) suggerisce — fondando le sue affermazioni nelle caratteristiche di totalità, trasformazione e omeostasi¹⁰⁷ — che 'qualcosa' non può essere considerata struttura se non è un sistema. Tuttavia si può comprendere il sistema solamente attraverso l'identificazione (l'osservazione o la progettazione) degli elementi e delle relazioni che lo configurano, ovvero attraverso modelli che rivelano una struttura — ipotetica — del sistema.

Un sistema è dunque un insieme strutturato caratterizzato da proprietà specifiche che lo identificano e lo contraddistinguono come unita a sé. Questo implica che, in genere, di un sistema si possano definire anche i suoi confini (*boundaries*), vale a dire che è possibile distinguere cosa fa parte del sistema e cosa fa parte dell' 'esterno'. Da questo si distinguono due tipi di sistemi: quelli chiusi e quelli aperti. Un sistema chiuso è un sistema isolato rispetto all'esterno, inoltre raggiunge uno stato finale di equilibrio determinato dalle condizioni iniziali. Un sistema aperto, invece, interagisce con l'esterno e può non raggiungere mai lo stato di equilibrio (anche se raggiunge stati stazionari). Questa distinzione — ovvero la caratteristica di chiusura/apertura di un sistema — dipende dal livello di descrizione e di astrazione, ossia è legata alla sopraccitata arbitrarietà e artificialità (soprattutto nel caso dei sistemi sociali). Inoltre il processo d'astrazione permette di aggregare informazioni e dati nonché di sintetizzare dei modelli concettuali; questo processo permette inoltre di escludere i dettagli non essenziali alla comprensione del sistema. I modelli, dunque, sono frutto di questo processo d'astrazione, delle descrizioni formali e non ambigue di un sistema, delle rappresentazioni di strutture che esibiscono un'unità. Attraverso un modello è possibile distinguere ciò che appartiene al sistema e ciò che si considera come ambiente esterno, perché un modello implica

¹⁰⁶ Per esempio, il sistema socio-economico è una struttura che rappresenta l'unità macroeconomica, ma altri sistemi possono essere riconosciuti da altri livelli d'astrazione, da altre strutture.

¹⁰⁷ Caratteristiche che però, come accennato nel Capitolo 6, non vengono accolte nella definizione di struttura.

‘chiusura’, una chiusura operativa, vale a dire quella chiusura che permette al sistema di mostrare un’unità.

La chiusura operativa racchiude altri concetti, come quello di retroazione (*feedback*). Il concetto di chiusura del sistema diventa immediatamente chiaro se si considerano i circuiti di retroazione (*feedback loops*) e, in particolare, se si considera che i sistemi possono essere descritti come unioni di circuiti di retroazione (Tonella, 2004).¹⁰⁸ Si può affermare, in modo informale, che la retroazione di un sistema è la retroattività tra gli *input* e *output*, e più precisamente, come se l’*output* del sistema avesse influenza sull’*input*.¹⁰⁹ La retroazione implica un tipo di circuito che modifica le sue stesse cause ed è legata al sopracitato processo di trasformazione del sistema. Se l’*output* è legato all’*input* in modo tale da attenuare l’ingresso (*input*) complessivo del sistema, la retroazione del circuito è negativa (*feedback negativo*), cioè un meccanismo di controllo della crescita. Se invece l’*output* è legato all’*input* in modo tale da rinforzare l’ingresso (*input*) complessivo del sistema, la retroazione del circuito è positiva (*feedback positivo*), ossia è un meccanismo che implica la crescita e viene usato per aiutare alla sopravvivenza del sistema.¹¹⁰ I processi di trasformazione (*input* trasformati in *output*), come precedentemente esposto, determinano le attività svolte dal sistema e queste attività sono generalmente confrontate con delle *black boxes* che vengono formulate nel modello come relazioni funzionali tra *input* e *output*. Alcuni possibili scenari – circuiti di retroazione positiva e negativa che conformano sistemi di primo ordine o di ordine

¹⁰⁸ La retroazione (*feedback*) è legata al controllo del sistema, perché essa permette di rendere stabile un sistema che di per sé non lo era affatto. Inoltre il concetto di retroazione è strettamente legato a quello della cibernetica. Infatti la cibernetica (*Cybernetics*) è la teoria delle macchine (*theory of machines*), di tutti i tipi (*all possible machines, and is only secondarily interested if informed that some of them have not yet been made, either by Man or by Nature. What cybernetics offers is a framework on which all individual machines may be ordered, related and understood*); la cibernetica studia il comportamento dei sistemi (non i sistemi come tali), i fenomeni di autoregolazione e comunicazione (Ashby 1956, pp. 1-2). Esistono tuttavia altri tipi di controllo, come quello di controllo diretto (*feedforward*).

¹⁰⁹ I circuiti di retroazione (*feedback loops*) sono legati alla chiusura/apertura del sistema ma pure sono strettamente legati alla cibernetica. Sulle differenze tra la teoria dei sistemi aperti e la cibernetica vedasi Bertalanffy (1969, pp. 149-50).

¹¹⁰ I circuiti di retroazione di primo ordine (ossia quelli con una variabile di livello accumulatore o integratore) generano un comportamento esponenziale. Sebbene, in base alla quantità di circuiti e alla tipologia della retroazione si possano fare diversi tipi di considerazioni sulla stabilità del sistema complessivo ottenuto. La crescita (comportamento) sarà esponenziale nei sistemi composti da circuiti positivi (o dove questi predominano). Invece i circuiti negativi portano a un equilibrio. Il comportamento dei sistemi d’ordine superiore è più complicato: per esempio un sistema di secondo ordine può avere un comportamento oscillatorio (a volte sinusoidale). In generale si può affermare che la retroazione positiva conduce a sistemi instabili, mentre la retroazione negativa permette strategie di controllo molto efficaci per il raggiungimento della stabilità del sistema complessivo (Tonella 2004).

superiore — vengono sintetizzati nella Figura 16. Morin (1977, Vol. 1, pp. 228-9) tratta l'argomento come 'apertura e organizzazione attiva' del sistema e sostiene che lo scarto decisivo va fatto tra attivo e non attivo, e non tra aperto e chiuso. Analogamente, sempre secondo Morin (1977, Vol. 1, pp. 231), la riduzione del concetto di apertura all'*input/output* occulta la differenza tra un sistema 'produttore-di-sé' e un sistema 'generato dall'esterno'.

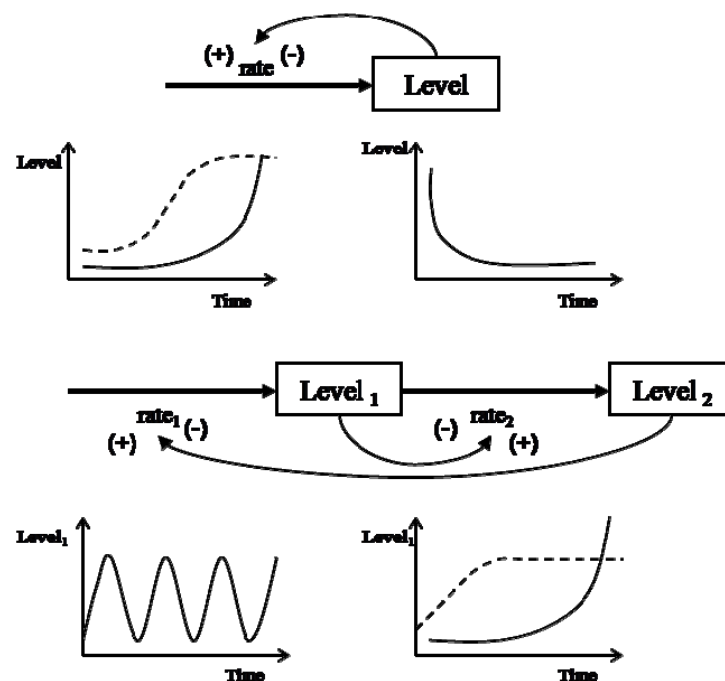


Figura 16: Circuiti positivi e negativi in sistemi di primo e secondo ordine: alcuni scenari.

(Fonte: Tonella 2004)

Il sistema aperto viene correntemente definito in modo esterno e comportamentistico come sistema che implica un ingresso/importazione (*input*) e un'uscita/esportazione (*output*) di materia/energia. Una simile definizione mette tra parentesi ciò che ha luogo tra ingresso e uscita: si ha *black-out* sull'attività organizzazionale del sistema, il quale peraltro è apertamente considerato come *black-box*.

Occorre quindi considerare il carattere organizzazionale dell'apertura. Entrate e uscite sono legate a un'attività organizzazionale, quindi a un'organizzazione attiva, che è anche trasformatrice e produttrice. [...] In più, ogni anello generatore, ogni produzione di stati stazionari o di omeostasi esige il flusso energetico, quindi l'apertura.

L'apertura appare così come un tratto necessario fra i tratti interrelati e solidali la cui costellazione permette di definire gli esseri-macchine. Appare chiaro che non si possono definire i 'sistemi aperti' soltanto attraverso l'apertura. Sarebbe anzi riduttivo riassorbire i tratti multipli e diversi dell'essere-macchina nella sola apertura e nella nozione elastica e astratta di sistema. L'apertura non è con ciò un carattere secondario: è fondamentale e vitale, perché è necessaria non soltanto al

funzionamento ma anche all'esistenza di tutti gli esseri-macchina, a eccezione di quelli artificiali.¹¹¹ (Morin 1977, Vol. 1, pp. 228)

Inoltre, la delimitazione (o chiusura) dei sistemi ha dato luogo a diverse discussioni riguardanti l'analisi sistemica da un punto di vista metodologico nonché la validità dei modelli. La maggior parte degli approcci — come *hard OR*, *MS/OR*, *System Dynamics*, ecc. — focalizzano la loro attenzione nella ricerca di soluzioni 'ottime', indicando in questo modo la politica (o la decisione) da mettere in atto al sistema. In particolare il modo in cui viene considerato, delimitato e chiuso il sistema ne condiziona la comprensione e la risoluzione. Il successivo processo di 'ottimizzazione' porta a soluzioni che determinano il modo di intervenire sul sistema. In primo luogo, in questa procedura si avverte l'intenzione di controllare il sistema anziché di conoscerlo. Un esempio di schema di controllo viene presentato nella Figura 17. Il controllo effettivo dei sistemi implica però delle regole di decisione (*decision rules*), come la selezione degli *input*¹¹², e in particolare questo controllo è legato agli obiettivi che il sistema deve raggiungere.¹¹³ Esiste un'alternanza (*trade-off*) — e l'adattamento — tra gli obiettivi e le soluzioni, poiché il processo decisionale viene notevolmente dalla soluzione, ma quest'ultima viene accettata valutando gli obiettivi del modello del sistema. In secondo luogo queste procedure (o metodologie) sono fondate su modelli matematici attraverso i quali si formulano le relazioni e si definiscono le variabili di decisione, la funzione obiettivo, le misure e gli indicatori che denotano le prestazioni del sistema (*measures of performance*), ecc. Tuttavia l'incremento nella sofisticazione matematica spesso non ha acconsentito rappresentazioni più precise della realtà¹¹⁴ e conseguentemente sono emersi

¹¹¹ Si può dire che la concezione di Morin (1977) di 'esseri-macchine' non si riferisce a quella di confrontare o assumere gli organismi vivi come macchine artificiali o sistemi fisici. Bensì questa concezione è più legata alla capacità 'automatica' dei sistemi a riorganizzarsi e a regolarsi. Si può quindi dedurre che questa concezione è legata al concetto dell'*autopoiesis*. Secondo Morin (1977, Vol. 1, p. 225) la macchina artificiale è un essere completamente dissociato tra il suo funzionamento e la sua costituzione, ossia dissocia l'idea di regolazione e l'idea d'esistenza. Inoltre Morin (1977, Vol. 1, pp. 225-6) distingue tra esseri-macchina artificiali e gli esseri viventi sostenendo che gli esseri-macchine 'producono la loro stessa esistenza in e attraverso la riorganizzazione permanente'.

¹¹² Più precisamente chiamati *control input*.

¹¹³ Bertalanffy (1969, pp. 41-4) presenta un esempio sulla chiusura e il controllo dei sistemi legato alle teorie della 'comunicazione' (nel campo della fisica applicata), e riguarda allo sviluppo dei telefoni, radio, radar, calcolatori, servomeccanismi, ecc. In questo esempio presenta lo schema semplice di *feedback* (vedasi Figura 17), composto da un stimolo, un ricevitore, dei messaggi che vengono verificati e trasmessi da un apparecchio di controllo, un effettore e una risposta (che si relaziona con lo stimolo). Questo esempio è inoltre legato a quello presentato nella Sezione 14.2.1.

¹¹⁴ Ciò è legato maggiormente a problemi quali la disponibilità del *input data*, la difficoltà per definire obiettivi in conflitto, alti costi di computo, ecc.

altri approcci — come quello del *Soft System Paradigm* e quello dei sistemi complessi¹¹⁵ —, i quali accolgono delle idee provenienti da altre scienze in modo tale da avere una concezione più olistica.



Figura 17: Schema semplice di controllo (*feedback*). (Fonte: Bertalanffy 1969, p. 43)

Baumgartner et al. (1985, pp. 223-255) propongono un'altra metodologia fondata sulla dinamica attore-sistema ovvero sulla 'dinamica sociale'; in particolare propongono un 'linguaggio' e un 'strumento analitico' che possano essere utilizzati nelle scienze sociali. Gli aspetti che conformano la strategia di studio dei processi sociali vengono discussi e classificati da Baumgartner, Burns e Meeker (in Baumgartner et al. 1985, pp. 235-248) nel seguente modo: (a) modelli e strutture dei processi (*process-level*), (b) analisi contestuale, (c) modelli e analisi multi-livello, e (d) strategia di modellistica e guida di riferimento per la ricerca. Questa metodologia (strategia) distingue tra due livelli, quello dei processi (*process-level*) e quello contestuale chiamato anche 'strutturale' (*context — or structure — level analysis*). Il primo comprende l'analisi storica e comparativa, mentre il secondo comprende l'analisi dell'ambiente in cui vengono inquadrati i processi sociali. In questo ultimo si riconosce l'elevata sensibilità dei processi sociali rispetto al loro contesto, ovvero i processi di adattamento e di trasformazione che risultano da cambiamenti dell'ambiente. Diventa quindi necessario formulare concetti e tecniche di modellazione che specificano il modo in cui il contesto definisce o influenza i processi (Baumgartner, Burns & Meeker in Baumgartner et al. 1985, p. 238). Tutto ciò deve essere analizzato con un approccio multi-livello (*multi-level systems*) che viene sintetizzato attraverso un confronto tra i diagrammi di rappresentazione dei sistemi di singoli livelli (*single level systems*) e quelli multi-livello

¹¹⁵ Sull'approccio e l'applicazione della metodologia dei *Soft Systems* vedasi, per esempio, Checkland (1985). Sui sistemi complessi vedasi Capitolo 7, Sezione 8.1 e anche Capitolo 13.

(come rappresentato rispettivamente nella Figura 18 e Figura 19). Le relazioni tra i fattori X, Y e Z vengono rappresentate attraverso frecce che denotano causalità (*causal link*); in questo tipo di modelli si presuppone che altre variabili o relazioni sono controllate oppure hanno un effetto aleatorio che non influisce sulla relazione tra X, Y e Z (Vedasi Figura 18).¹¹⁶ Sebbene nella rappresentazione dei sistemi multi-livello ci siano delle relazioni causali tra le variabili, in questi modelli esistono pure delle ‘relazioni che operano sulle relazioni’ (*linkages operating on relationships*).¹¹⁷ Per esempio, nella Figura 19(b) il livello o la qualità dell’ *input* della variabile X può influenzare la relazione tra X e Y, poiché influisce su Z, un regolatore di ordine superiore; invece nella Figura 19(d) l’ *output* Y del sistema (o processo sociale) X/Y influisce (attraverso retroazione o attraverso un effetto regolatore, T/Z) su variabili o processi di ordine superiore (D) che, chiudendo il circuito di retroazione, operano sul sistema X/Y.¹¹⁸ In particolare, secondo Baumgartner, Burns e Meeker (in Baumgartner et al. 1985, pp. 246-7), uno degli aspetti principali dell’approccio multi-livello è che esso riconosce l’importanza del contesto (del ambiente, della ‘ecologia’). Infatti, lo schema rappresentato nella Figura 19(b) è stato un argomento di particolare attenzione per la ricerca sociale e più precisamente viene definito ‘effetto ecologico’ (*ecological effect*). Il suddetto effetto si produce quando la relazione tra una variabile indipendente e una dipendente (X,Y) è funzione di un valore aggregato (o livello) della variabile indipendente (ossia, gli input X dell’ambiente del sistema non soltanto operano sul sistema X/Y, ma operano, regolano e strutturano X/Y influenzando su fattore Z a un livello superiore). Tra gli esempi citati da Baumgartner, Burns e Meeker (in Baumgartner et al. 1985, pp. 246-7) troviamo ‘l’effetto della coscienza delle categorie’ (*class consciousness effect*) secondo il quale la concentrazione dei membri di una particolare categoria hanno

¹¹⁶ La maggior parte della ricerca quantitativa nelle scienze sociali è fondata su rappresentazioni tali quelle mostrate nella Figura 18. Quando il fenomeno multi-livello — che contempla anche i cambiamenti qualitativi e la trasformazione del sistema — viene rappresentato come un sistema di singolo livello (o semplicemente vengono ignorate le proprietà multi-livello), l’analisi statistica rivelerà un sostanziale errore residuale (ovvero, la differenza tra i valori predetti e quelli osservati sarà notevole). La più comuni spiegazioni a questi grandi residui sono: (a) variabili inosservate; (b) sistemi non-lineari; e (c) parametri instabili. Il concetto di multi-livello enfatizza le sopraccitate spiegazioni e inoltre ammette la possibilità di modelli di ordine superiore (X^2 , X^3 , Z^2 , ecc.) o con interazioni non-lineari (XZ , XZ^2 , ecc.). Infatti i modelli multi-livello (Figura 19) suggeriscono una possibile varietà degli effetti delle interazioni (Baumgartner, Burns & Meeker in Baumgartner et al. 1985, p. 239).

¹¹⁷ Le relazioni sulle relazioni vengono rappresentate per frecce che giungono nei punti intermedi di altre frecce (Baumgartner et al. 1985, pp. 238).

¹¹⁸ Per una spiegazione dettagliata (ed esempi) di ogni una delle rappresentazione mostrate nella Figura 19 vedasi Baumgartner, Burns & Meeker in Baumgartner et al. 1985, pp. 240-2).

un effetto sulle loro proprie tendenze politiche (o sul loro proprio comportamento su membri di categorie opposte). Un secondo esempio è la contrapposizione tra la relazione di competitività e di produttività nei differenti livelli dei processi, ovvero un'elevata competitività nel gruppo produce un effetto negativo sulla produttività totale — relazioni 'positive' a livelli individuali con relazioni 'negative' a livelli complessivi.

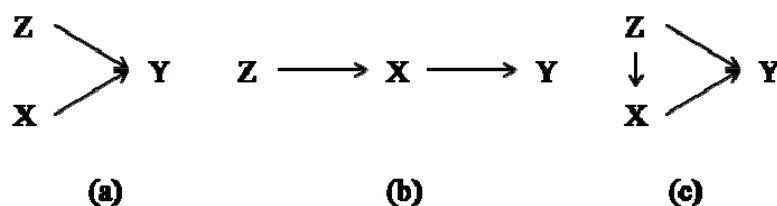


Figura 18: Sistemi di singoli livelli (*single level systems*). (Baumgartner, Burns & Meeker in Baumgartner et al. 1985, p. 238)

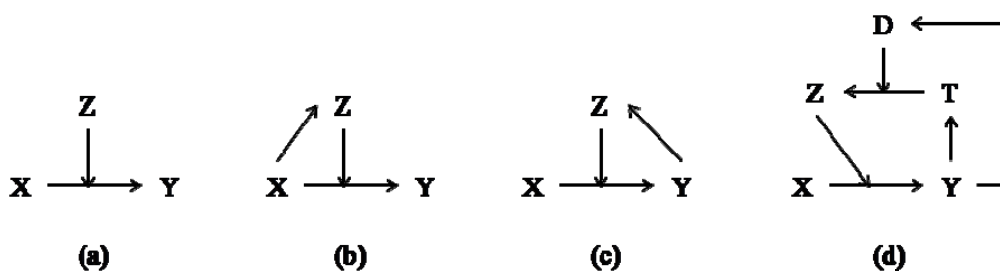


Figura 19: Sistemi multi-livello (*multi-level systems*). (Baumgartner, Burns & Meeker in Baumgartner et al. 1985, p. 239)

Bertalanffy (1969) naturalmente, nella sua *General System Theory*, dedica alcuni capitoli all'analisi del significato dei sistemi chiusi e aperti. Egli definisce come una 'limitazione della fisica convenzionale' il distinguere tra sistemi chiusi e aperti; i sistemi chiusi riguardano la fisica convenzionale, ovvero quei sistemi che si considerano isolati dal loro ambiente (Bertalanffy 1969, pp. 39-41).¹¹⁹ Tuttavia, nella natura esistono sistemi che non sono chiusi, infatti ogni sistema vivente è in essenza un sistema aperto. All'apertura dei sistemi riguardano due principi. Il primo è quello della 'equifinalità' secondo il quale lo stato finale in un sistema chiuso può essere conosciuto dalle

¹¹⁹ Per questo motivo, alla fisico-chimica (*physical chemistry*) riguardano le reazioni, la loro velocità e il loro equilibrio (in un recipiente chiuso nel cui interno siano stati posti a contatto alcuni reagenti). La termodinamica dichiara esplicitamente che le proprie leggi sono unicamente applicabili a sistemi chiusi, e in particolare il secondo principio sull'entropia. Questo principio stabilisce che, in un sistema chiuso, una certa quantità di disordine (o irregolarità) detta entropia, deve crescere tendendo a un massimo, e che, alla fine, il processo termina in uno stato finale di equilibrio; ma pure può questo principio essere formulato come una misura di probabilità, per cui un sistema chiuso tende a uno stato di distribuzione più probabile. In questo modo la tendenza a un massimo dell'entropia o alla distribuzione più probabile è la tendenza verso il massimo disordine (Bertalanffy 1969, p. 39).

condizioni iniziali, ciò non viene applicato nei sistemi aperti, poiché il medesimo stato finale può essere raggiunto partendo da diverse condizioni iniziali (esso ha grande importanza per i processi di regolazione biologica). Il secondo principio si riferisce al contrasto tra la ‘legge della dissipazione’ in fisica (*Lord Kelvin’ degradation*) e la ‘legge dell’evoluzione’ in biologia (*Darwin’s evolution*) in relazione al secondo principio di termodinamica. Nei sistemi chiusi (fisici) perciò i cambiamenti di entropia sono sempre positivi (l’ordine è continuamente distrutto) mentre nei sistemi aperti (come quelli biologici) svanisce quel contrasto apparente tra evoluzione ed entropia. La produzione di entropia nei sistemi aperti è legata a processi irreversibili e il sistema stesso può importare entropia negativa (Bertalanffy 1969, p. 41). Infatti, è stato Bertalanffy a definire gli organismi viventi come sistemi aperti (perché essi hanno un bisogno vitale di attingere materia/energia dal loro ambiente), ciò ha permesso inoltre di creare un legame riconciliante tra termodinamica e organizzazione.¹²⁰

Secondo Bertalanffy (1969, pp. 139-45) l’applicazione del modello meccanicista (*machine model*) all’organismo (sistema aperto) incontra difficoltà e limitazioni — nel distinguere un organismo vivente di un oggetto privo di vita ma anche legate alla concezione d’apertura-chiusura del sistema.¹²¹ La chiusura e l’apertura dei sistemi è sempre stato un tema discusso e anche nella storia della filosofia non si è mai giunti ad una conclusione certa. Infatti, questo argomento che può apparire di semplice soluzione se non lo si considera con rigore, è legato alla considerazione degli organismi viventi come macchine, come per esempio la concezione cartesiana del mondo e dell’uomo come macchine.¹²² In particolare, Bertalanffy (1969) considera gli organismi come sistemi fisici ma aperti¹²³ composti da sistemi in equilibrio, sebbene l’organismo, in quanto tale,

¹²⁰ “Se l’organizzazione vivente, invece di accrescere la propria entropia, cioè di disintegrarsi, si mantiene e si sviluppa, ciò dipende dal fatto che essa attinge materia ed energia, senza una soluzione di continuità, dal suo ambiente.” (Morin 1977, Vol. 1, p. 228).

¹²¹ Bertalanffy (1969, pp. 140-1) enumera le difficoltà e limitazioni — del modello dell’organismo come macchina — nel seguente modo: (1) il problema relativo all’origine della macchina; (2) il problema della regolazione; e (3) l’organismo vivente in stato continuo. Bertalanffy (1969, pp. 141-5) inoltre elenca alcune caratteristiche dei sistemi aperti.

¹²² Questa visione concepisce il mondo come una macchina e riconcilia scienza e religione. Il corpo dell’uomo è una macchina (le parti che lo compongono sono viste come ingranaggi), poiché esistono solamente ‘machine machine’, invece la sua razionalità deriva direttamente da Dio.

¹²³ Bertalanffy (1969, pp. 124-38) caratterizza i sistemi chimici aperti, inoltre propone delle applicazioni nel campo della biologia.

non possa considerarsi come un sistema in equilibrio. Perciò, secondo Bertalanffy (1969, pp. 121-3), l'organismo non è un sistema statico chiuso verso l'esterno e tale da contenere sempre gli stessi componenti, ovvero è un sistema aperto in stato 'quasi-stazionario',¹²⁴ che si mantiene costante, per quanto riguarda le sue relazioni di massa, in uno scambio continuo di componenti materiali e d'energia, e che, rispetto all'ambiente esterno, è in una relazione continua di scambio di materiali. In modo analogo si può ripetere questo ragionamento per i sistemi sociali. Infatti, Bertalanffy (1969, pp. 138-54, 186-221) presenta un modello di sistemi aperti, con ulteriori applicazioni dei concetti della teoria di sistemi alle scienze dell'uomo (*Sciences of Man*) e in particolare, alle scienze sociali, alla storia, alla psicologia e alla psichiatria. Questa analisi svolta da Bertalanffy (1969, pp. 186-8), sull'applicabilità del concetto di sistema alle scienze umane, è fondata sulla concezione di 'organismo' (incluso l'uomo e le società) e 'di mondo come organizzazione', in ciò che è stato definito come 'rivoluzione organicista' (*organismic revolution*).¹²⁵ Questa svolta paradigmatica è avvenuta come conseguenza del rapido e affannoso sviluppo tecnologico (e la società opulenta) e dell'emergere di nuove scienze — le scienze della vita, del comportamento e della società.¹²⁶

Nonostante tutto ciò, tra l'apertura e la chiusura di un sistema esiste un legame complesso poiché non esistono sistemi assolutamente chiusi e non esistono neppure sistemi assolutamente aperti. In altre parole, concepire l'apertura di un sistema significa concepirne la chiusura corrispondente. Un sistema denominato chiuso (che non opera scambi materiali ed energetici) non è un'entità ermetica in uno spazio neutro, poiché non è isolato né isolabile.¹²⁷ Pertanto, se ogni sistema chiuso non è realmente chiuso, ogni sistema aperto comporta la sua chiusura (Morin 1977, Vol. 1, pp. 153-5, 229-30).

¹²⁴ In particolare, se si considera l'intero ciclo vitale, il quale, non è stazionario, ma quasi-stazionario (Bertalanffy 1969, p. 121).

¹²⁵ Bertalanffy (1969, p. 186) spiega l'omissione kantiana della 'vita' (sia come organizzazione dell'organismo vivente, sia come microcosmo mentale comprendente l'universo fisico). Questa omissione è legata alla considerazione della società su un'immagine fisicalista del mondo, poiché la fisica è stata considerata 'la pietra di paragone per le scienze, la base dell'idea di società e dell'immagine dell'uomo' (Bertalanffy 1969, p. 187).

¹²⁶ Bertalanffy (1969, p. 187) concede un ruolo fondamentale al cambiamento tecnologico (o rivoluzioni tecnologiche tali la Rivoluzione Industriale, la Rivoluzione Atomica, la Rivoluzione dell'Automazione e la Conquista dello Spazio) come causa del mutamento della concezione del mondo. Questo parallelismo tecnologia-scienze (concezioni) può essere considerate anche come rivoluzioni paradigmatiche nel senso di Kuhn (1962).

¹²⁷ "Caratteristiche apparentemente intrinseche, quali la massa, possono essere definite soltanto in funzione delle interazioni gravitazionali che connettono il sistema ai corpi che costituiscono il suo ambiente." (Morin 1977, Vol. 1, p. 153).

Attraverso la chiusura organizzazionale si può riconoscere la relazione tra il tutto e le parti, essa è altresì un modo per distinguere la forma del sistema nello spazio. Questa idea di chiusura viene definita da Morin (1977, Vol. 1, p. 154) come ‘organizzazione a forma di anello’ (che si distingue radicalmente dall’organizzazione bloccata) e che — sempre da un punto di vista organizzazionale — implica la ‘richiusura attiva che garantisce l’apertura attiva, la quale a sua volta garantisce la propria chiusura’ (Vedasi Figura 20).¹²⁸

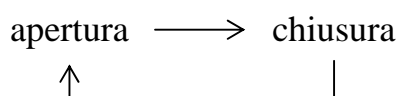


Figura 20: Organizzazione attiva o a forma di anello. (Fonte: Morin 1977, Vol. 1, p. 154)

In questo modo, l’apertura e la chiusura non sono nozioni in assoluta opposizione perchè occorre considerare questi due termini dal punto di vista organizzazionale — e non soltanto da quello termodinamico. Occorre inoltre considerare i sistemi aperti anche da una prospettiva ontologica ed esistenziale, affinché si possa evitare la confusione generata dalla concezione e opposizione rigida e semplice tra il chiuso e l’aperto (Morin 1977, Vol. p. 231). A seconda della prospettiva e dell’inquadratura della visione, secondo il sistema di riferimento dell’osservatore (modellatore), lo stesso sistema può apparirci sia chiuso sia aperto, quindi occorre: (i) definire sempre l’apertura con il suo carattere organizzazionale (non soltanto in funzione dell’*input/output*); (ii) distinguere sempre i tipi di apertura, tali funzionale, ontologica, esistenziale¹²⁹; e (iii) situare il problema in un insieme e in un contesto in cui apertura e chiusura appaiano come aspetti e momenti di una realtà insieme aperta e non aperta (Morin 1977, Vol. p. 231).

Da una prospettiva di cambiamento strutturale gli aspetti appena enumerati — e l’argomento chiusura/apertura in generale — appaiono di significativa rilevanza, dal

¹²⁸ “Così l’organizzazione vivente si apre per richiudersi (garantire la sua autonomia, preservare la sua complessità), e si richiude per aprirsi (scambiare, comunicare, godere, esistere, ...)” (Morin 1977, Vol. 1, p. 154).

¹²⁹ Vedasi Morin (1977, Vol. 1, pp. 330-1) per un esempio di macchine artificiali ed esseri viventi come sistemi aperti da un punto di vista funzionale oppure ontologicamente ed esistenzialmente aperti. Un altro esempio sono i cicli, tali quelli economici (Vedasi Sezione 13.2), poiché essi sono chiusi, ma le sue variazioni sono prodotte dall’apertura.

momento che in genere sono esclusi (o ignorati) nel processo di modellistica. Infatti nel modello sono stati sottovalutati l'approccio complesso, la ricorsività tra apertura-chiusura, e quindi il riconoscimento dell'apertura e dell'ambiente. Il modello in questo modo non rifletterà ciò che accade nel sistema reale e, naturalmente, nemmeno il cambiamento legato allo scambio sistema-ambiente che dà luogo a cambiamenti strutturali.¹³⁰ Inoltre, la dipendenza reciproca tra sistema e ambiente, è ciò che garantisce la loro esistenza e la loro autonomia (sia quella del sistema, sia quella dell'ambiente), ed è appunto questa indissolubile dipendenza reciproca ciò che rende difficile la rappresentazione del sistema e conduce alla chiusura operativa, la quale spesso cade nell'isolazione del sistema e nelle interpretazioni semplicistiche.¹³¹ I sistemi hanno una doppia apertura d'ingresso e di uscita nell'ambiente, esiste un'indissociabile interazione sistema-ambiente, per cui anche l'ambiente subirà dei cambiamenti. Queste trasformazioni ambientali rappresentano nuovi *input* per il sistema, ma solitamente la modellistica considera aleatorio questo cambiamento nell'intorno riflettendosi poi soltanto da un punto di vista quantitativo.

Il cambiamento strutturale è intrinseco a qualunque sistema dal momento che quest'ultimo è risultato del cambiamento strutturale di un sistema precedente (Vedasi Capitolo 9). Indipendentemente dal modo in cui vengono rappresentati i limiti del sistema nel modello, dal modo in cui viene delimitata la struttura del modello, il sistema e il suo ambiente si trasformano costantemente. Esiste dunque una doppia trasformazione: il sistema — soprattutto se esso è vivente o sociale — trasforma il suo ambiente, porta complessità e organizzazione; e al tempo stesso l'ambiente, come definisce Morin (1977, Vol. 1, p. 236), 'nutre e minaccia, fa esistere e distrugge' il sistema.

¹³⁰ Sia nel sistema reale, che non si conosce, che in quella parte del sistema rappresentata nel modello.

¹³¹ In modo analogo al noto passaggio di Mann (1924): *order and simplification are the first steps toward mastery of a subject - the actual enemy is the unknown*, risulta necessario 'chiudere' i sistemi, ma questa chiusura deve essere soltanto relativa: occorre riconoscere l'apertura, e la reciprocità (la ricorsività) tra entrambi i concetti, ciò permette inoltre di allargare lo sguardo fino a considerare i sistemi in altri sistemi, la multidimensionalità della nozione di apertura (nozione a un tempo organizzativa, ontologica, ecologica, esistenziale) e soprattutto la complessità inerente al concetto di sistema.

8.3.L'interazione sociale: la relazione tra il tutto e le parti

8.3.1. Processi *assembling* e *disassembling*

Esistono diversi tipi di cambiamento strutturale e i più evidenti sono quelli prodotti dai processi di assemblaggio (*assembling*) e di scomposizione o smontaggio (*disassembling*). I primi si riferiscono a quei processi in cui diversi elementi si uniscono per formare un tutto (un sistema), ossia un assemblaggio di parti. I secondi, invece, si producono quando il tutto (un sistema) si disintegra in diverse parti (elementi o altri sistemi), ossia una o più parti si dissociano dal tutto e quindi il sistema stesso si scompone.

Nel processo di assemblaggio e quindi di costituzione del nuovo sistema, compaiono delle nuove proprietà, dette emergenti, che si generano dalle relazioni ed interazioni delle componenti costituenti il sistema stesso. Le componenti, se distinguibili all'interno del tutto, possono perdere alcune delle loro proprietà e relazioni che presentavano quando esse stesse erano un tutto (ovvero, non facenti parte di una nuova struttura). In compenso, nuove proprietà e relazioni possono comparire. Le tecniche costruttiviste dell'arte (e in particolare della scultura) rendono chiaro il tema dell'assemblaggio come concetto sistemico. Nell'arte, l'assemblaggio è il lavoro che permette di incorporare diversi oggetti (di diverso genere, artistici e non artistici) in una 'composizione'. Questi oggetti (anche se nel loro stato originario) acquisiscono dei significati estetici o simbolici solo in combinazione e relazione con gli altri elementi all'interno del tutto: la composizione, e quindi l'integrazione fra i diversi elementi, costituisce il sistema.

I processi di scomposizione possono implicare processi reciproci in cui il tutto è scomposto in due o più elementi. Le proprietà del tutto possono scomparire (non rimanendo nelle singole parti) e le parti possono acquisire o perdere delle proprietà o delle relazioni. Domingo e Tonella (2000, p. 213) chiariscono i processi di assemblaggio e di scomposizione attraverso l'esempio dei mattoni e del muro, in cui i mattoni utilizzati per la costruzione del muro perdono la proprietà di 'mobilità' propria del mattone ma ne

acquistano altre come, per esempio, le ‘forze reattive’ (ovvero capacità resistenti) — derivanti sia dal movimento del corpo sia dall’interazione con gli altri mattoni e la superficie. In questo modo, il muro presenta una misura e una forma che non è presente nei singoli elementi costituenti. Al contrario, se il muro viene smontato separandosi in mattoni, si assiste al processo inverso nel quale compaiono e scompaiono delle proprietà. Un altro esempio di questi processi è la somma di due numeri dispari (come 5 e 7, 7 e 11, 7 e 21, 9 e 13, ecc.) il cui risultato è un numero con proprietà diverse da quelle dei numeri sommati (intesi come parti): cioè un numero pari. Vale a dire che dalla somma di due numeri dispari emergono delle proprietà differenti, come ad esempio la parità, oppure nel caso della somma fra 7 e 13 la risultante è un multiplo di 10. In modo analogo risulta evidente anche il processo inverso, ovvero quello di scomposizione di un numero in altri numeri con proprietà diverse.

Le cause dell’assemblaggio e dello smontaggio (scomposizione) spesso non sono riconoscibili, così come non sono nemmeno spiegabili le nuove proprietà del sistema. Questo però è principalmente frequente nei sistemi complessi e in particolar modo in quelli economici e sociali, mentre non accade nei sistemi appena presi ad esempio. Nell’esempio dei mattoni infatti le cause che producono le nuove proprietà dipendono dalla trasmissione delle forze (per attaccamento oppure per frizione) e l’interazione elastica e gravitazionale tra il mattone (entità che applica la forza), il muro e la terra. Questa spiegazione è fondata sulle leggi elementari della meccanica¹³² e a partire da queste è possibile comprendere e prevedere le proprietà del muro (come l’immobilità) ancor prima che esso sia stato costruito. Nell’esempio dei numeri le nuove proprietà della somma possono essere invece spiegate e dedotte dalle proprietà delle congruenze (modulo n) dell’aritmetica modulare (Domingo & Tonella 2000, p. 213).

Le cause sopra menzionate — riferite all’assemblaggio e alla scomposizione — sono solitamente chiamate ‘azioni’ o ‘forze’, che, a loro volta, possono essere di provenienza endogena o esogena (Domingo & Tonella 2000, p. 214). L’interazione endogena tra parti può generare, ad esempio, un processo di auto-assemblaggio (*self-*

¹³² Sebbene, una spiegazione dettagliata sarebbe molto più complicata e richiederebbe delle conoscenze specializzate.

assembling), un nuovo sistema risultante dall'interazione delle sue parti costituenti con elementi dell'ambiente (esogeni), ecc. Inoltre, i processi dei cambiamenti generati da queste forze (o azioni), in particolare riferiti all'assemblaggio, possono essere accelerati o rallentati attraverso processi di auto-rinforzo (*self-reinforcing*) o di auto-estinzione (*self-extinguishing*), ma solo nel caso in cui questi processi siano riferiti a dei circuiti chiusi. Sebbene questi processi producano dei cambiamenti nel sistema, essi saranno soltanto di tipo quantitativo — ma non strutturale a breve termine. Questo risulta evidente nei circuiti a retroazione (*feedback loops*) rappresentati nei modelli positivi e negativi. Nel caso di retroazione positiva, il funzionamento del sistema genera delle variazioni cumulative¹³³ nelle variabili che lo compongono (*self-reinforcing*), mentre nel caso di un modello a retroazione negativa le variazioni permettono la stabilità del sistema stesso (*self-extinguishing*). Domingo e Tonella (2000, p. 215) illustrano questi processi attraverso alcuni esempi economici: (1) la definizione e regolazione dei prezzi attraverso processi di auto-rinforzo (*self-reinforcing*) con la produzione, il consumo e l'occupazione, oppure attraverso processi di auto-estinzione (*self-extinguishing*) con il meccanismo dell'offerta e domanda; e (2) la dinamica economica strutturale (e l'instabilità) formulata nel modello di Pasinetti (1993), la quale è indotta da un processo di auto-rinforzo (*self-reinforcing*) che si genera nel sistema delle innovazioni tecnologiche.

Dal modello di Pasinetti (1993) è possibile comprendere altri processi di dinamica strutturale e delle proprietà emergenti nel sistema economico produttivo. Un esempio è la dinamica strutturale dell'occupazione e della popolazione in un processo di sviluppo economico. Pasinetti (1993, pp. 90-6) dimostra nel suo modello la necessaria mobilità inter-settoriale del lavoro (pur imponendo il vincolo dall'esterno della piena occupazione) e la tendenza, a causa del progresso tecnologico, a generare disoccupazione (tecnologica).¹³⁴ Entrambi i processi, sia quello di *self-reinforcing* che quello di *self-*

¹³³ Queste variazioni possono portare al superamento della soglia critica del sistema e quindi la produzione di un cambiamento strutturale del sistema stesso.

¹³⁴ “[...] in presenza di progresso tecnologico, il sistema economico genera inevitabilmente disoccupazione tecnologica, se nel frattempo non avviene niente altro; o se ciò che avviene non avviene con la necessaria rapidità. Me le cose che possono avvenire sono molte. C'è in effetti non già singolarità, ma molteplicità di possibili movimenti che possono contrastare la tendenza sopra menzionata. Un primo modo per contrastare il processo generatore di disoccupazione tecnologica è [...] l'aumento della domanda pro-capite. [...] Un secondo modo di contrastare la

extinguishing, possono essere identificati nella dinamica — di assemblaggio e scomposizione — dell'occupazione. La mobilità del lavoro che genera lo spostamento delle singole persone da un settore ad un altro¹³⁵ costituisce processi di scomposizione e di auto-estinzione nel settore in cui la disoccupazione aumenta ma di assemblaggio e di auto-rinforzo in quelli in espansione. Quando è positivo l'aumento simultaneo della popolazione 'porta con sé un fattore di espansione della domanda, quindi un aumento dell'occupazione in tutti i settori' (*self-reinforcing*). Tuttavia, l'espansione della domanda, a causa dei fenomeni di saturazione, non può aumentare indefinitamente, generando, perciò, un processo di *self-extinguishing*. Infine, la tendenza alla disoccupazione tecnologica origina un processo di assemblaggio dal momento che si aggiungono settori (o beni e servizi) nel sistema produttivo dell'economia ma *self-extinguishing* dal punto di vista dell'occupazione e di *self-reinforcing* dal punto di vista della dinamica della produzione, del consumo e della popolazione. Dal momento che nella dinamica strutturale ad ogni modifica si produce una lunga catena di ulteriori effetti, entrambi i processi - di assembling e disassembling -, e entrambi i tipi di interazione — *self-reinforcing* e *self-extinguishing* — si possono verificare anche in maniera simultanea, alternativi e/o complementari.

Come presentato negli esempi precedenti, l'assemblaggio e lo scomposizione generano delle proprietà emergenti nel sistema.¹³⁶ La prevedibilità delle proprietà

tendenza alla disoccupazione tecnologica è l'introduzione di nuovi processi produttivi per la produzione di nuovi (e migliori) beni e servizi. [...] questi modi di contrastare la tendenza alla disoccupazione tecnologica non sono alternativi, e quindi non sono tra loro incompatibili." (Pasinetti 1993, pp. 94-6)

¹³⁵ Ovvero una redistribuzione dei lavoratori tra i vari settori, considerando la popolazione totale come perfettamente stazionaria e considerando l'avvicendamento naturale delle generazioni — evitando dunque di rimpiazzare quei lavoratori che nei settori in contrazione vanno in pensione e indirizzando invece le giovani leve del lavoro verso i settori in espansione (Pasinetti 1993, p. 91).

¹³⁶ Due approcci o visioni provano a risolvere il problema delle proprietà emergenti: il riduzionismo e l'emergentismo. Per una discussione approfondita su entrambi approcci — che include inoltre lo sviluppo storico dell'emergentismo — vedasi Beckermann et al. (1992). Invece di adottare in maniera dogmatica uno dei appena menzionati approcci, risulta di grande utilità per l'analisi l'utilizzo complementare di entrambi gli approcci. L'approccio riduzionista e quello emergentista si integrano con i processi endogeni tra le parti che conformano il sistema, ovvero con i processi *top-down* e *bottom-up*. Vedasi inoltre Sezione 8.3.2. Un breve accenno sul riduzionismo si trova nella Sezione 6.1. L'emergentismo invece affonda le proprie radici nella cibernetica (e nella teoria dell'auto-organizzazione) ed è strettamente legato alla teoria della complessità (vedasi Capitolo 7 e Sezione 8.1). Inoltre, sul paradigma dell'emergentismo si sono fondate, per esempio, il modello connessionista e le reti neurali. In queste ultime l'emergentismo è stato di cruciale importanza, considerando (i) 'il primo' emergentismo come corrente filosofia della mente (che ritiene che i fenomeni mentali siano proprietà emergente del cervello, e (ii) che le reti neurali simulano (in un computer attraverso dei programmi informatici) il funzionamento delle neurone biologiche che servono come algoritmo di modellazione (e d'apprendimento) in casi dove si trattino grandi quantità di dati o non ci siano modelli analitici.

emergenti non è sempre possibile, e questo è soprattutto evidente nei sistemi sociali. Identificare e spiegare le cause delle proprietà emergenti è un compito difficile dal momento che esse non sono il risultato di un singolo evento o di una regola. Non è neppure sempre facile riconoscere o dedurre le nuove proprietà del sistema tutto generate dall'interazione delle componenti.¹³⁷

Come accennato nei capitoli precedenti, nuove relazioni o proprietà emergono dall'interazione tra le parti che si assemblano (oppure nei nuovi sistemi che risultano dalla scomposizione). In questo modo, il sistema esibisce un comportamento o delle proprietà che non possono essere dedotte dalle sue parti costitutive. Secondo Morin (1977, Vol. 1, p. 121) 'il sistema possiede qualcosa di più delle sue componenti considerate in maniera isolata o giustapposta', poiché dal semplice assemblaggio di parti (e ciò è pure equivalenti nei processi di scomposizione) il sistema acquisisce: (1) una organizzazione, (2) un'unità globale (il 'tutto', la *Gestalt*)¹³⁸ e (3) nuove qualità e proprietà che emergono dall'organizzazione e dall'unità globale. Le emergenze sono 'le qualità o proprietà di un sistema che presentano un carattere di novità rispetto alle qualità o proprietà delle componenti considerate isolatamente o disposte in maniera differente in un altro tipo di sistema', vale a dire che 'il tutto è più della somma delle parti' e che ogni 'stato globale presenta qualità emergenti' (Morin 1977, Vol. 1, pp. 120-1). Infatti Morin (1977, Vol. 1, p. 121-3) mette in evidenza le 'emergenze globali' e le separa dalle 'microemergenze'. Queste ultime si riferiscono alle proprietà che compaiono a livello delle componenti quando esse formano parte di un sistema, cioè le proprietà che le singole parti manifestano quando formano parte del tutto ('la parte come più della parte'). Un chiaro esempio riguardante le microemergenze viene presentato da Morin (1977, Vol. 1, pp. 122-3): nella società umana, attraverso la cultura, gli individui sviluppano le loro disposizioni alla comunicazione (linguaggio, arte, ecc.), 'le loro qualità individuali più ricche emergono cioè nell'ambito del sistema sociale'. In questo fenomeno il tutto è più della somma delle parti, ma non solo, secondo Morin (1977, Vol. 1, p. 123), 'è la parte

¹³⁷ Una 'scienza della complessità', come visto nella Sezione 8.1, ha l'arduo compito di individuare le proprietà emergenti in un sistema, di individuare i principi che regolano il modo in cui compaiono nuove proprietà nel sistema, sebbene le proprietà emergenti non permettano che la società — e l'economia — sia in uno stato di stabilità o prevedibilità.

¹³⁸ Una o più unità che singolarmente rappresentano un 'tutto', nel caso di un processo di *disassembling*.

che è, nel tutto e grazie al tutto, più della parte'. Tuttavia, le microemergenze possono accadere anche nei processi di scomposizione; poiché le parti risultanti della scomposizione possono sviluppare (o guadagnare) delle qualità (o funzioni) che non erano presenti (o non potevano svolgere) quando configuravano il tutto, essendo pure valido anche il contrario, ossia le parti perdono delle qualità che avevano nell'ambito del sistema.

Le microemergenze indicano 'la parte come più della parte' nell'ambito del sistema, ragion per cui il tutto è più della somma delle parti. Morin (1977, Vol. 1, pp. 127-30) tuttavia formula la proposizione contraria: 'il tutto è meno della somma delle parti' (i vincoli), il che significa che alcune qualità (proprietà) inerenti alle parti isolate scompaiono nell'ambito del sistema.¹³⁹ Ogni organizzazione determina e sviluppa specializzazioni e gerarchizzazioni ma determina e sviluppa pure vincoli, asservimenti e repressioni, ciò che Morin (1977, Vol. 1, p. 129) spiega con un esempio in cui a livello sociale si impongono dei vincoli che distruggono la libertà individuale:

È soltanto al livello di individui che dispongono la possibilità *di scelta, di decisione e di sviluppo complesso* che i vincoli possono risultare distruttori della libertà, vale a dire diventare oppressivi. Questo problema dei vincoli si pone così in maniera a un tempo ambivalente e tragica al livello delle società e in particolar modo a quello delle società umane. È certamente la cultura ciò che permette lo sviluppo delle potenzialità dello spirito umano. È senz'altro la società ciò che costituisce un tutto solidale e protegge gli individui che rispettano le sue regole. Ma è anche la società ciò che impone le sue coercizioni e le sue repressioni su ogni attività, da quelle sessuali a quelli intellettuali. Infine, e soprattutto, nelle società storiche, il dominio gerarchico e la specializzazione del lavoro, le oppressioni e le schiavitù inibiscono e impediscono le potenzialità creative di coloro che si trovano a subire tali domini e oppressioni. (Morin 1977, Vol. 1, p. 129)

Oltre a ciò, in certi sistemi l'assemblaggio (o lo scomposizione) viene pianificato, ciò che può essere visto come un obiettivo imposto dal sistema, ma le proprietà che emergono nel sistema risultante sono tante volte inaspettate. Questa idea viene appunto precisata da Morin (1977, Vol. 1, p. 123) come una delle idee su cui si fonda la

¹³⁹ "Il determinismo interno, le regole, le regolarità, la subordinazione delle componenti al tutto, l'aggiustamento delle complementarità, le specializzazioni, la retroazione del tutto, la stabilità del tutto e, nei sistemi viventi, i dispositivi di regolazione e di controllo, in una parola l'ordine sistemico, si traducono in altrettanti vincoli. Ogni associazione comporta vincoli: vincoli effettuati reciprocamente fra le parti interdipendenti, vincoli delle parti su tutto, vincoli del tutto sulle parti. Ma mentre i vincoli delle parti sul tutto sono anzitutto relativi ai caratteri materiali delle parti, i vincoli del tutto sulle parti sono anzitutto di carattere organizzativo." (Morin 1977, Vol. 1, p. 128)

nozione d'emergenza, in particolare, essa si può sintetizzare a partire dalla interconnessione di idee tali: qualità (proprietà), prodotto (l'emergenza risulta dall'organizzazione di un sistema); globalità (sistema come unità indissociabile) e novità (qualità nuove in riferimento alle qualità precedenti degli elementi).

In questo modo, dal processo d'assemblaggio risultano sistemi con più o con meno delle proprietà degli elementi costitutivi. Laddove le parti sono subordinate all'organizzazione, ossia dove le parti nell'ambito del sistema acquistano delle proprietà, esse sviluppano delle proprietà potenziali in uno stato di isolamento e/o creano nuove proprietà quando si relazionano con altre parti, di conseguenza il sistema sarà più della somma delle parti. Invece, laddove l'organizzazione sia subordinata al livello delle parti costituenti, ossia ci sono 'vincoli' o restrizioni che fanno perdere (o inibire) alle parti determinate proprietà nell'ambito del sistema, il sistema sarà meno della somma delle parti.¹⁴⁰ Quanto descritto si può riassumere nelle seguenti due preposizioni che indicano, rispettivamente, il tutto come più e come meno della somma delle parti. Queste ultime, le parti $(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n)$, possono essere considerate come dei sub-sistemi, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$.

$$S_x > p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n > S_y$$

$$S_x < p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n < S_y$$

Si può dunque dire che, in virtù di una visione astratta, ci sono proprietà di 'primo ordine' cioè quelle legate alle proprietà delle singole parti in stato di isolamento e proprietà di 'secondo ordine' riguardanti le parti nell'ambito dell'organizzazione del sistema. Bisogna però precisare che questa distinzione non denota importanza, ovvero le proprietà di primo ordine sono più o meno importanti di quelli di secondo ordine. Essa indica invece la subordinazione legata all'alternanza dei processi (*assembling-disassembling*) e al tempo (vedasi Sezione 9), poiché le parti in un sistema, le parti in un'organizzazione, comportano un certo grado di dipendenza (subordinazione) differente

¹⁴⁰ Le proprietà del sistema, quando esse viene costituito come tale, sono sempre diverse a quelle delle parti (sia in termini quantitativi che qualitativi), pertanto che ci siano vincoli sulle parti non implica che il sistema non presenti delle proprietà emergenti.

a quello che hanno a livello individuale. Per questo motivo, le proprietà di secondo ordine possono essere maggiori o minori a quelle della somma delle proprietà di primo ordine. L'assemblaggio riguarda pertanto le proprietà di secondo ordine, invece la scomposizione del sistema permette alle singole parti di riacquistare o sviluppare le loro proprietà — originarie o no — di primo ordine. Le proprietà di primo ordine possono non essere quelle originarie dopo la scomposizione del sistema, più precisamente, le parti con delle proprietà di primo ordine che attraverso la loro interazione formeranno il sistema e che in seguito alla scomposizione diventeranno ancora parti, possono ritrovarsi con qualità di primo ordine diverse da quelle originarie. Questo si può verificare, ad esempio, quando nell'ambito del sistema si attiva un processo d'apprendimento e le parti poi isolate presentano delle qualità acquisite.¹⁴¹

Questi tipi di cambiamento strutturale — *assembling* e *disassembling* — infine risultano complessi, incessanti e imprevedibili dal momento che le parti che componevano il tutto diventano ancora parti e potenzialmente possono sviluppare nuove relazioni, nuove organizzazioni con nuove qualità, e dunque assemblarsi in nuovi sistemi. In questo modo, la dualità *assembling-disassembling* non è opposta, ma invece complementare, i sistemi sono in evoluzione continua, si originano attraverso processi d'assemblaggio — in cui il tutto è più o meno della somma delle parti ma con delle nuove proprietà —, si distruggono attraverso la scomposizione e le parti si assemblano per formare nuovi e altri sistemi, e così via. In tutto ciò si evidenzia l'emergenza, vi sono sempre nuove qualità a livello del sistema, diverse da quelle risultanti dalla semplice somma delle proprietà delle parti costituenti. E in più, sia che il sistema risultante sia o non pianificato, l'emergenza è un fenomeno che soltanto ulteriormente potrà essere costatato dall'intelletto:¹⁴² 'l'emergenza è irriducibile (sul piano fenomenico) e indeducibile (sul piano logico)', questo significa che l'emergenza si impone come fatto. (Morin 1977, Vol. p. 123). Pertanto, l'emergenza pur essendo inerente alla formazione di

¹⁴¹ Questi processi sono evidenti nella società umana, in cui gli individui imparano attraverso l'interazione sociale, l'educazione, le leggi, ecc. e pur non formando più parte del sistema conservano la loro esperienza e la loro conoscenza. Le metodologie che comprendono la modellistica multi-agenti permettono di spiegare (attraverso simulazione) processi tali l'apprendimento, la formazione di reti, l'evoluzione delle norme, ecc.

¹⁴² Questa constatazione è, come accennato nella Sezione 8.1, ciò che la 'scienze della complessità' si ha imposto come compito (attraverso l'utilizzo di teorie e concetti tali sistemi dinamici, reti neurali, caos, frattali, attrattori strani e caotici, ecc.).

qualunque sistema è percettibile soltanto *a posteriori*, l'emergenza può essere concepita come la proprietà delle proprietà di un sistema. L'emergenza o le qualità nuove sono riconoscibili nel sistema sia che si generi un processo di assemblaggio o di scomposizione, oppure, come si vedrà nella Sezione 8.3.2, si generi un processo *bottom-up* o *top-down*, o la combinazione di essi. Di conseguenza, e come detto in precedenza, la formazione dei sistemi è caratterizzata da incessanti e imprevedibili processi complessi di cambiamento strutturali (Vedasi Capitolo 9).

8.3.2. Processi *Top-Down* e *Bottom-Up*.

Una volta che il sistema si forma, attraverso il processo di assemblaggio¹⁴³, le parti costituenti interagiscono. Questa interazione spesso genera processi endogeni in cui il tutto influisce sulle parti e/o viceversa in cui le parti influiscono sul tutto. In entrambe le situazioni si generano nel sistema delle nuove qualità dette anche proprietà emergenti. Nel caso in cui l'interazione tra le parti ha delle conseguenze sul tutto, ovvero l'interazione si produce 'dal basso verso l'alto', il processo che si verifica è del tipo *bottom-up*. Contrariamente, quando è il tutto (o un suo sub-sistema) a determinare il comportamento delle parti, ovvero l'interazione è 'dall'alto verso il basso', il processo che si verifica è del tipo *top-down*. Ogni uno di questi processi o la combinazione di questi, definisce dei meccanismi di cambiamento delle caratteristiche della struttura del sistema.¹⁴⁴ Un chiaro esempio di questi tipi di processi — *bottom-up* e *top-down* — è la modalità di integrazione tra gli individui, ed in particolare la distinzione tra comunità e società identificata dal sociologo Ferdinand Tönnies (1887). La comunità (*Gemeinschaft*) è formata da un insieme di individui con tradizioni comuni e legami d'affetto e solidarietà, e quindi la formazione del gruppo sociale è il risultato della volontà delle parti, dell'accordo implicito tra le parti e dunque è il risultato di un processo *bottom-up*. La società (*Gesellschaft*) invece è fondata su rapporti sociali contrattuali, razionali e non-emotivi, ovvero il gruppo sociale è il risultato di vincoli o consensi contrattuali tra le parti che non possono sottrarsi al 'dovere' di relazionarsi e di conseguenza gli individui si

¹⁴³ Sull'assemblaggio e scomposizione dei sistemi vedasi Sezione 8.3.1.

¹⁴⁴ Più precisamente di quella parte del sistema che viene rappresentata in un modello. Come già accennato nei capitoli precedenti, la struttura di un sistema è inaccessibile, motivo per cui si adoperano dei modelli attraverso i quali si formulano ipotesi sulla struttura.

relazionano attraverso meccanismi artificiali di coordinamento e norme imposte *top-down*.

Come accennato nella sezione precedente, le proprietà emergenti sono riconoscibili nel sistema sia quando queste sono il risultato di un processo di assemblaggio sia quando risultano da un processo di scomposizione. All'interno del tutto risultante dall'assemblaggio o all'interno delle parti (o sub-sistemi) risultanti della scomposizione, si producono in entrambi i casi delle interazioni sia di tipo *bottom-up* che di tipo *top-down*. Tuttavia, i processi *bottom-up* e *top-down* possono essere il risultato sia dell'interazione endogena che dell'azione di fattori esogeni. Questi processi — o la loro combinazione — costituiscono i meccanismi attraverso i quali si producono dei cambiamenti strutturali. In questo modo, la formazione del sistema può essere il risultato di diverse possibilità e quindi da costanti e imprevedibili combinazioni di processi complessi di cambiamento strutturale.

Dal processo di assemblaggio si determinano sistemi con più o con meno — della somma — delle proprietà degli elementi costitutivi. L'organizzazione del sistema risultante è caratterizzata da un modo particolare di 'comunicazione', ovvero, all'interno del sistema hanno luogo dei processi caratterizzati da una modalità peculiare di trasmissione che dipende dal tipo di sistema, materia, energia, informazione, ecc. e che dunque distingue un'organizzazione particolare nel sistema. La suddetta comunicazione interna o lo scambio di materia o informazione tra le parti — e con l'ambiente circostante — avviene nel sistema attraverso i già menzionati due tipi di processi: *bottom-up* e *top-down*. Secondo Domingo e Tonella (2000, pp. 216-7) ci sono diversi tipi particolari di processi *bottom-up* e *top-down* quali (a) i cambiamenti qualitativi, (b) le risposte 'dal basso' per bilanciare gli stimoli che vengono 'dall'alto', (c) l'integrazione e la diversificazione — e i loro casi particolari (d) unificazione e disintegrazione —, (e) l'adattamento ed evoluzione strutturale e infine (f) la riproduzione. In base a queste tipologia di seguito si presentano alcune precisazioni ed esempi.

I cambiamenti qualitativi generati dall'azione di processi – endogeni o esogeni — inducono delle variazioni tali da oltrepassare i limiti in cui vengono definite le variabili stesse. Un cambiamento del genere è tipico dell'effetto indotto da un processo *top-down* che produce variazioni quantitative uniformi in ogni parte del sistema, ma che induce allo stesso tempo cambiamenti nelle relazioni tra le suddette parti provocando un cambiamento qualitativo nel sistema a livello complessivo. Esempi di questi tipi di processi si possono trovare sia in sistemi composti da parti omogenee che eterogenee. La trasformazione di fase in fisica e in chimica, quando le parti (atomi, ioni o molecole) sono tra loro omogenee, è un chiaro esempio di un cambiamento di questo genere (Domingo e Tonella 2000, p. 216). In particolare, il sistema (termodinamico) cambia di fase come conseguenza di una variazione energetica (calore), ossia cambia la capacità termica del sistema e si produce una transizione tra le fasi solida, liquida e gassosa. Un altro esempio sono determinate azioni che derivano da una rivoluzione politica in cui si produce un cambiamento nella forma di governo, come ad esempio, la redistribuzione del reddito attraverso la quale si assegna una quantità di risorse pari alla spesa economica indispensabile a ogni individuo (parti eterogenee). Le conseguenze di un'azione del genere determinano nuove relazioni nel sistema sociale ed economico e dunque una nuova struttura, come quella che si è verificata nell'Unione Sovietica — originata dalla rivoluzione.

Le risposte 'dal basso' per bilanciare gli stimoli che vengono 'dall'alto' sono dei processi la cui definizione è legata al concetto di assemblaggio, poiché deriva dall'unione o l'accordo tra le parti. Un esempio di un processo del genere è la controrivoluzione, la quale è l'espressione dei gruppi più danneggiati dalla rivoluzione stessa e di quelli interessati a ristabilire l'ordine preesistente. Le controrivoluzioni, nel corso della storia, sono state sostenute dalla nobiltà, dal clero, hanno spesso una componente militare e sono state sostenute dall'estero. Questi processi sociali sono di tipo *bottom-up* — risposte dallo stimolo di processi *top-down* — e sono esempi di questo genere l'insurrezione dei contadini della Vandea (1793) durante la Rivoluzione francese; i tentativi delle armate bianche durante la Rivoluzione russa (1917-1921) che era organizzata da nazionalisti e monarchici, con una truppa costituita da oppositori attivi dei Bolscevichi e da contadini

apolitici¹⁴⁵ oltre ad essere sostenuti da paesi occidentali come Francia e Gran Bretagna. Nonostante la Rivoluzione cubana del 1956 sia uno esempio del processo descritto nel punto precedente (cambiamenti qualitativi), essa ebbe il suo inizio in processi del tipo *bottom-up*, come per esempio l'assalto alla caserma Moncada (1953) eseguito da un gruppo di oppositori del regime dittatoriale di Batista. Inoltre, in questi processi la risoluzione di un problema comporta la creazione di altri (Domingo e Tonella 2000, p. 216), ossia il sistema si evolve attraverso cambiamenti strutturali (vedasi Sezione 9.2). In particolare, il sistema è preparato per affrontare certi stimoli¹⁴⁶ che inducono a delle risposte, che generano quindi dei cambiamenti nella struttura del sistema, inclusa la scomposizione. Un esempio, legato a quanto accennato sul *disassembling* nella sezione precedente, è il processo di apprendimento, il quale è un tipico esempio di risposte agli stimoli che vengono 'dall'alto'; tuttavia questo processo permette di creare sofisticati meccanismi di produzione di diversità e di complessità.¹⁴⁷ La concorrenza o la coevoluzione sono pure esempi di questo genere di cambiamenti. In particolare, l'ambiente¹⁴⁸ e gli organismi che lo abitano non esistono come entità separate, interagiscono in modo simbiotico, si trasformano e sono trasformati dall'ambiente. Ma in aggiunta, gli organismi si modificano reciprocamente fra loro; infatti, se una popolazione non è in grado di adattarsi alle trasformazioni delle altre popolazioni (o a quelle dell'ambiente) è destinata all'estinzione.

I processi di integrazione e diversificazione hanno luogo sia attraverso processi *top-down* che attraverso processi *bottom-up*. Quando la relazione avviene attraverso un processo *top-down* le parti si integrano, si uniscono e diventano omogenee, mentre quando avviene attraverso un processo *bottom-up* le componenti si diversificano, si separano e diventano eterogenee — svolgono nuove attività, hanno nuovi obiettivi, ecc. In entrambi casi si producono dei progressivi cambiamenti strutturali nel sistema, ciò che risulta evidente se si considera l'esempio sopra menzionato dell'Unione Sovietica. In questo caso, l'integrazione avviene attraverso uno stato federale — ossia paesi che sono

¹⁴⁵ In particolare dai cosacchi che furono arruolati nella suddetta armata.

¹⁴⁶ Più precisamente, stimoli non troppo deboli da non generare dei cambiamenti nel sistema neppure troppo forti da distruggerlo o paralizzarlo (ciò che però è anche un cambiamento strutturale).

¹⁴⁷ Diversità e complessità prodotta però dal 'basso-in-alto' come viene segnalato nel punto successivo.

¹⁴⁸ In riguardo all'ambiente e i sistemi vedasi Sezione 8.2.

sullo stesso piano sono uniti tra di loro da un governo centrale — lo stesso che avviene nella successiva Comunità degli Stati Indipendenti (CSI); al contrario, il successivo fallimento del colpo di stato nella capitale russa (1991) con i risvolti politici che ne seguirono e che segnarono la dissoluzione dell'Unione Sovietica costituisce un esempio di diversificazione. Un altro esempio è il fenomeno della moda, che, se considerata dal punto di vista del mercato e dell'individuo, si producono rispettivamente sia un processo di integrazione che uno di diversificazione. La moda viene creata stagionalmente, per collezioni, e messa nel mercato come una sorta d'imposizione estetica, ossia attraverso un meccanismo *top-down* che serve di meccanismo omogeneizzatore; al contrario, da una prospettiva individuale, la moda costituisce un elemento che offre originalità, che distingue il portatore, che lo rende esclusivo e che quindi, attraverso un meccanismo *bottom-up* rende l'individuo diverso.¹⁴⁹ Altri esempi di integrazione sono le confederazioni e le organizzazioni internazionali (tra le più note troviamo l'Organizzazione delle Nazioni Unite¹⁵⁰, l'Organizzazione Mondiale del Commercio, l'Unione Europea, ecc.). L'industria petrolifera controllata *top-down* da un cartello economico, in particolare attraverso un accordo attraverso il quale si fissano delle misure che tendono a limitare la concorrenza sul mercato petrolifero, può essere considerata in ugual modo un ulteriore esempio di integrazione. In antropologia, l'acculturazione costituisce anche un esempio di integrazione. Questo è infatti un processo attraverso il quale una società adotta progressivamente dei modelli normativi, quali i modelli politici e giuridici, di un'altra società. Esempi tipici di diversificazione si possono invece trovare nei processi di auto-organizzazione (*self-organizing*) come quelli sociali — alla base della formazione di molte strutture sociali possono esserci processi di auto-organizzazione. Il linguaggio è un chiaro esempio di diversificazione che inoltre è un

¹⁴⁹ Tuttavia, questo esempio che a prima vista sembra semplice, può essere sposto in diversi modi, in cui l'utilizzo di altri concetti, come *assembling* e *disassembling*, possono essere di grande utilità per l'analisi. Uno esempio di questo sono i seguaci (gustai) di una determinata moda che si assemblano in un sistema attraverso integrazione, in cui la moda costituisce la rivendicazione dell'identità del gruppo (sistema), ma l'illusione di questa identità è preconcipata dal creatore della suddetta moda (e imposta attraverso, per esempio, strategie di marketing).

¹⁵⁰ Anche il Protocollo di Kyoto, trattato firmato in occasione della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, costituisce un altro esempio di integrazione. In più, le sfide e la legislazione in campo ambientale hanno un impatto sul settore energetico e in questo ambito si sono sviluppati dei modelli che cercano di simulare il mercato dell'*emission trading*, mostrando come gli stati membri intendono distribuire i permessi di emissione all'industria e determinando quali impianti ne otterranno i maggiori benefici e quali, invece, ne sopporteranno il costo. I menzionati modelli sono stati maggiormente sviluppati sotto un approccio *top-down* in cui i prezzi giocano un ruolo fondamentale.

fenomeno di auto-organizzazione e in continua evoluzione (sia nei modi che nei significati). In questa prospettiva il linguaggio si forma ed evolve come conseguenza delle innumerevoli interazioni tra gli individui (dinamiche semiotiche); in particolare l'interazione avviene attraverso la comunicazione (che è inoltre un esempio di processo *bottom-up*). Nonostante la diversificazione dia luogo a parti tra loro più indipendenti e differenti, ci sono tanti esempi di sistemi complessi, tali i sistemi a molte componenti interagenti e caratterizzati da dinamiche dissipative¹⁵¹ (le nuvole, i profili delle coste, gli alberi, ecc.), in cui le parti raggruppate (*bottom-up*) danno luogo a strutture complesse che hanno una spontanea autosomiglianza interna e invarianza di scala. Queste strutture sono datate di auto-organizzazione, una proprietà che rappresenta tra l'altro un ottimo esempio di proprietà emergente di un sistema. Il fenomeno della auto-organizzazione è anche diffusamente presente nei sistemi biologici come per esempio nella complessità organizzativa delle reti metaboliche intracellulari. Appunto per questo, alcune teorie con un approccio complesso¹⁵², hanno ipotizzato che l'ordine biologico si sviluppa spontaneamente, ovvero che è prodotto da principi di auto-organizzazione¹⁵³ all'interno dei sistemi viventi. L'auto-organizzazione viene dunque considerata come uno dei fattori che permette la variabilità dei sistemi, essendo anche in questo punto di importanza fondamentale la considerazione dell'ambiente come selettore.¹⁵⁴

I processi di unificazione e disintegrazione sono dei casi particolari ed estremi di paralizzazione generale e di distruzione del sistema. Questo genere di processi è strettamente collegato a quelli esposti in precedenza nonostante questi siano dei casi estremi e quindi possano essere visti come casi particolari sia dei processi *bottom-up*, per bilanciare gli stimoli imposti *top-down*, che dei processi di integrazione e di diversificazione, perché conducono a dei cambiamenti qualitativi del sistema. L'unificazione è infatti il risultato della preponderanza dell'effetto *top-down*, mentre la

¹⁵¹ Sistemi dinamici che hanno la propria identità proprio grazie all'interazione con l'esterno e hanno degli attrattori con dimensione frattale (che mostra una struttura essenzialmente uguale a qualunque ingrandimento).

¹⁵² Sulla complessità vedasi Capitolo 7 e Sezione 8.1.

¹⁵³ In cui sistemi in equilibrio dotati di bassa energia e strutture dissipative sono all'origine delle configurazioni di sistemi complessi.

¹⁵⁴ Soltanto l'interazione con l'ambiente esterno determina selettivamente quali stati del sistema saranno mantenuti e quali no. Vedasi Sezione 8.2.

disintegrazione di quello *bottom-up*. In particolare si può quindi dire che l'esempio relativo all'Unione Sovietica si riferisce proprio a un processo di unificazione e di disintegrazione, in cui la Rivoluzione Russa, la formazione della stessa e il controllo politico dal Soviet supremo costituiscono un esempio di unificazione, mentre il tentativo di colpo di stato e la dissoluzione del sistema sovietico costituiscono un processo di disintegrazione. Anche il caso citato in precedenza relativo alla Rivoluzione cubana — e successiva sostituzione del dittatore — costituisce un esempio di unificazione. La famiglia costituisce un ottimo esempio di entrambi questi due processi estremi. La famiglia è un gruppo di individui che si relazionano — da legami consanguinei o legali — e hanno dei gradi di parentela. Attraverso la relazione legale, la famiglia permette la configurazione di gruppi, come nel caso del matrimonio (unificazione), ma anche la loro divisione, come nel caso del divorzio (disintegrazione). Quando uno o più membri vengono aggregati al nucleo familiare (discendenza, affiliazione legale, ecc.) la struttura della famiglia stessa cambia, nello stesso modo in cui cambia quando uno o più elementi si disgiungono (morte, scioglimento di legami, ecc.). Tuttavia, in questo esempio (la famiglia) l'unificazione e la disintegrazione non risultano rispettivamente dalla preponderanza di processi *top-down* e *bottom-up*. In entrambi i casi, unificazione e disintegrazione, il processo organizzativo dominante è del tipo *bottom-up*. Nel caso del matrimonio-divorzio, per esempio, è l'accordo tra le parti ciò che determina il cambiamento (che posteriormente viene formalizzato da processi legali, ossia *top-down*). In questo caso dunque, come in quelli precedenti, processi *bottom-up* e *top-down* possono generare aggregazioni e disgiunzioni di parti nel sistema, in altre parole e come dimostra l'esempio precedente, processi organizzativi *bottom-up* possono dare luogo sia all'integrazione (e in particolare l'unificazione) che alla diversificazione (e in particolare la disintegrazione), e viceversa. Oltre a ciò, questi tipi di processi sono strettamente legati a quelli descritti nella sezione precedente — *assembling* e *disassembling* — e il legame (e le possibili combinazioni) tra i concetti risulta quasi intuitivo; per esempio assemblaggio attraverso unificazione, scomposizione attraverso diversificazione, ecc.

Lo scambio continuo tra processi *top-down* e *bottom-up* dà luogo sia a processi di adattamento che all'evoluzione strutturale. Quando questo scambio tra i processi non si

verifica, si producono nei sistemi dei cambiamenti come quelli descritti nei punti precedenti, in particolare la disintegrazione, poiché è quel bilancio tra processi ciò che permette al sistema di mantenersi e cambiare in modo progressivo. L'adattamento, come concetto biologico, è riferito al processo attraverso il quale un organismo (animale o pianta) si adegua al suo intorno.¹⁵⁵ Questo adattamento è il risultato della selezione naturale, ovvero sulle variazioni ereditabili, che si riflettono in variazioni della loro fisiologia, genetica, ecc. Infatti, i principali adattamenti biologici sono quelli chimici e genetici. Un esempio tipico dell'adattamento è la migrazione (in tutti i tipi di popolazioni), la difesa e l'attacco (come la guerra nel caso degli umani), ma anche gli adattamenti alla temperatura (che implicano adattamenti in un certo numero di parti del corpo), ecc. L'evoluzione è pure una teoria biologica che postula che gli organismi viventi hanno loro origine da altri tipi di organismi preesistenti e che le differenze distinguibili sono dovute alle modifiche nelle generazioni successive.¹⁵⁶ Questo concetto è molto rappresentativo in economia, non solo nei problemi che riguardano i tipi di mercati e in cui la concorrenza è un fattore chiave, ma anche come approccio per studiare questioni riguardanti il cambiamento tecnologico come la definizione del processo di creazione (innovativo), il processo di selezione o imitazione di una nuova idea o tecnologia, l'analisi degli effetti sulla crescita e sullo sviluppo del cambiamento tecnologico, la modalità di incorporazione del cambiamento tecnologico nei modelli di crescita endogena, ecc. La similitudine di questi processi di adattamento ed evoluzione con l'andamento economico è ciò che ha dato luogo all'utilizzo della terminologia biologica in economia per descrivere e spiegare i fenomeni economici caratterizzati da competizione, crescita, scarsità, ecc.¹⁵⁷ Tuttavia, la metafora biologica non è in questa ricerca usata come metodo di indagine, ma piuttosto concepita come la descrizione storica degli eventi economici, in particolare il cambiamento tecnologico (Vedasi Sezione 13.1). Domingo e Tonella (2000, p. 217) segnalano la teoria del caos come fondamento

¹⁵⁵ Nel caso degli umani e di certi animali si può dire che l'adattamento è anche il modo in cui si gestisce l'ambiente circostante, vale a dire, come modifica il suo ambiente per adattarsi a esso.

¹⁵⁶ La teoria evolutiva di Darwin è stata quella maggiormente utilizzata per spiegare la dinamica delle aziende e il cambiamento tecnologico. La somiglianza tra i processi biologici e quelli economici descritti da Darwin si verifica, per esempio, nella competizione per risorse limitate o nell'equilibrio genetico.

¹⁵⁷ In particolare, attraverso l'uso di terminologia genetica per definire processi e di descrivere la causalità in maniera progressiva (evolutiva).

teorico che permette di comprendere alcuni aspetti legati a questi processi.¹⁵⁸ Sistemi con termini non lineari possono avere comportamenti molto complessi, in cui piccole differenze iniziali possono causare grandi e imprevedibili effetti nell'evoluzione futura oppure in cui una piccola perturbazione si ripercuote velocemente sull'intero sistema. Tuttavia, nei sistemi (caotici) i processi di selezione, attraverso l'adattamento e altri processi come l'auto-organizzazione e la sincronizzazione, permettono di raggiungere certi livelli di stabilità. L'adattamento e l'evoluzione possono far emergere l'ordine nei sistemi che hanno dei punti critici (sono alla soglia del caos) o in quelli con comportamento caotico. Questo significa che l'ordine può essere preceduto da caos, in cui inoltre, uno stimolo esterno può, per esempio, indurre risposte ordinate. L'evoluzione sociale è una dimostrazione di quanto descritto; in particolare, la stabilità sociale è fondata sull'interazione tra gli individui che sono tra loro diversi (a livello genetico, di ruoli, ecc.) e che conformano una società (*bottom-up*), mentre la cultura e l'educazione (*top-down*) fungono da forze unificanti che permettono la socializzazione (Domingo & Tonella 2000, p. 218). Il caos è inoltre una componente dell'evoluzione dei sistemi viventi in cui l'adattamento di questi diventa necessario per la loro sopravvivenza in un ambiente che varia nel tempo.

Infine, la riproduzione è legata all'esistenza di un certo tipo di sistemi che hanno la capacità di riprodursi e, nel caso degli essere viventi, anche di moltiplicarsi.¹⁵⁹ Alcuni processi *top-down* e *bottom-up* danno luogo a multipli altri nuovi elementi; altri processi invece danno luogo alla disintegrazione del sistema in cui le parti integranti conservano alcune proprietà del sistema. Tuttavia, la riproduzione può generare anche oggetti non-omogenei e Domingo e Tonella (2000, p. 218) propongono esempi di questo genere come quello della produzione delle stelle da una nuvola molecolare nello spazio, oppure la formazione dei villaggi o dei centri urbani quando un territorio viene occupato. La colonizzazione è anche un esempio di questo genere; questa viene infatti sostenuta da motivazioni quali la civilizzazione (o la diffusione di una fede religiosa) e ha come

¹⁵⁸ Vedi Domingo e Tonella (2000, p. 217) e Sezione 8.1.

¹⁵⁹ Nel caso degli essere viventi, la riproduzione costituisce il meccanismo mediante i quali essi provvedono alla conservazione della propria specie, e la moltiplicazione costituisce la frequenza necessaria in cui deve accadere la riproduzione per preservare la esistenza.

effetto la sostituzione culturale ed etnica, costituendo quindi un esempio di distruzione (culturale, territoriale, economico, etnico, ecc.) spinto 'dall'alto' e che riproduce nel conquistato l'organizzazione del sistema del conquistatore. La migrazione di determinati popoli (culture) ha anche generato fenomeni sociali di riproduzione. Il fenomeno ha origine da gruppi che, nel momento dello spostamento, si separano o disintegrano dal sistema originale (cultura o paese di provenienza) e poi riproducono nel luogo di destinazione il loro ambiente e la loro cultura; ne sono un esempio i *china-town* delle grandi metropoli del mondo. La democrazia costituisce un altro esempio rappresentativo di questo processo di riproduzione. La costituzione determina (*top-down*) il meccanismo di riproduzione del sistema democratico (il suffragio), ma questo meccanismo (le elezioni) viene eseguito in modo *bottom-up* permettendo a tal punto il 'rinnovo' del sistema. In particolare, il meccanismo *bottom-up* delle elezioni dà luogo a un cambiamento nella struttura precedente del sistema attraverso la scelta di nuovi rappresentanti al potere (ciò che implica l'aggiunta di nuovi elementi e l'eliminazione di altri e, dunque, nuove relazioni) e in questo modo il sistema come tale (la democrazia) può continuare. Inoltre, la molteplicità di nuovi oggetti prodotti introduce un nuovo aspetto e cioè i livelli di organizzazioni rispetto all'oggetto originale. I livelli organizzazionali stabiliscono una gerarchia tra gli oggetti stessi e ciò si evidenzia facilmente negli esempi sopracitati, come risulta evidente nell'esempio dei villaggi e città che riproducono l'organizzazione di un sistema più generale, la provincia o la nazione, ma pure nell'esempio della migrazione e dei *china-town*. Domingo e Tonella (2000, pp. 218-9) avvertono l'importanza di questa differenziazione gerarchica in relazione alla teoria del cambiamento strutturale, in particolare perché l'osservazione di un sistema che appartiene a un livello organizzativo inferiore può non comprendere proprietà presente a livelli superiori (e viceversa). Domingo e Tonella (2000, pp. 219-21) segnalano anche un'altra proprietà legata a quanto sopra menzionato, ovvero l'auto-riproduzione (*self-reproduction*) e sviluppano quindi l'esempio degli 'automata' e della macchina di Turing; risultano comunque adeguati anche gli esempi della democrazia e della colonizzazione.¹⁶⁰ Diviene importante sottolineare che questo concetto è

¹⁶⁰ Per una spiegazione dettagliata dell'automata e l'auto-riproduzione, originariamente il *self-replicating automata* di von Neumann, vedasi Domingo e Tonella (2000, pp. 219-21).

strettamente legato a quello della autopoiesis, poiché soltanto i sistemi autopoietici possono auto-riprodursi (vedasi Sezione 6.1). L'autopoiesis è infatti il processo in cui il sistema stesso riproduce la sua organizzazione attraverso una serie di altri processi di trasformazione (produzione, distruzione, ecc.) dei componenti che lo conformano, come le cellule (in biologia) e le *holding* (nell'organizzazione aziendale). In questo modo le componenti del sistema si trasformano e si rigenerano le relazioni che producono il sistema — riferito a un dominio topologico determinato.

Dalle tipologie descritte e dagli esempi citati si può affermare che i processi *bottom-up* e *top-down* sono, in particolare nei sistemi economici e sociali, strettamente legati a processi decisionali. Infatti, attraverso questi processi si definisce l'organizzazione del sistema. Per questo motivo i suddetti processi sono stati definiti anche come 'strategie', più precisamente il *bottom-up* e il *top-down* sono stati usati come approcci per impostare e coordinare azioni (o flussi) in un sistema economico che spesso deve raggiungere un obiettivo. La 'strategia' *top-down* considera l'obiettivo finale da raggiungere per applicare successivamente il piano d'azione, ovvero costituisce una strategia di controllo centralizzato e che quindi comincia dal *top* e va verso il *down*. Quella *bottom-up* invece inizia dal 'basso', laddove si pianifica il passaggio successivo, vale a dire che costituisce una strategia sequenziale di passaggi successivi per raggiungere un obiettivo finale. In questo modo, questi approcci sono utilizzati per analizzare problemi e esplorare le possibili soluzioni, e quindi la modalità per definire ed eseguire il piano strategico di un governo o di una azienda, la risoluzione di un problema tecnico, ecc. Il disegno e la pianificazione delle suddette strategie non sono mutuamente esclusivi, infatti questi vengono utilizzati in modo complementare. Un esempio di questa complementarità si può riconoscere nelle strategie o piani di governo; questi infatti integrano il *top-down* e il *bottom-up* nelle attività decisionali e nei piani d'azione della pubblica amministrazione. Un esempio illustrativo è la distribuzione del *budget* pubblico, in cui la quota di assegnazione territoriale (ovvero le quote destinate ad ogni regione, provincia, città, ecc.) è prefissata con una modalità *top-down* mentre l'effettiva spesa pubblica (acquisti, investimenti, ecc.) nei singoli territori si verifica in modo *bottom-up*. In modo analogo sono stati disegnati e implementati i progetti di *e-government*, ossia a

livello 'top' di governo vengono definiti la struttura organizzativa, le attività amministrative da modificare (cioè l'architettura di processi) e anche le tecnologie da usare (cioè l'architettura tecnologica) mentre l'applicazione del *e-government*, ovvero nell'utilizzo pratico di questi strumenti da parte dei funzionari pubblici e dei cittadini, si svolge in modo *bottom-up*. In modo generale si può dunque dire che una combinazione comune di questi due tipi di approcci è rappresentato dalla definizione *top-down* dell'organizzazione (e quindi anche il piano di azione), la messa in atto del piano (l'implementazione) e quindi l'utilizzo *bottom-up*. Un altro esempio di questa combinazione sono le strategie di marketing che scambiano continuamente un approccio con l'altro in funzione dell'obiettivo da raggiungere. Alcune strategie sono infatti fondate su 'stimoli' di marketing quali i messaggi pubblicitari (*top-down*), mentre altre tecniche si basano sull'individuazione dei potenziali clienti e quindi propongono loro prodotti e servizi 'personalizzati' secondo le loro proprie caratteristiche (*bottom-up*). Nel primo caso (*top-down*) possiamo anche dire che sono tecniche *push* mentre nel secondo caso (*bottom-up*) sono tecniche di marketing *pull*. Tuttavia, le aziende con un marketing *top-down* possono individuare i consumatori e gruppi di essi per offrire prodotti e servizi speciali (strategia combinata usata, per esempio, dalle società gestore delle carte di credito); oppure al contrario altre aziende possono partire dall'informazione individuale (*bottom-up*) per disegnare politiche e azioni coerenti alla media dei clienti. In entrambi i casi si combinano i due approcci e in cui il punto di partenza (*top* o *bottom*) viene scelto in funzione della tipologia di industria, di mercato e di obiettivi.

Dal paragrafo precedente sorge inoltre un ulteriore aspetto da sottolineare riguardante un altro tipo di cambiamento strutturale legato agli obiettivi del sistema. Un cambiamento degli obiettivi può condurre ad un cambiamento del sistema e questo risulta evidente nei sistemi sociali. Il processo è di tipo *bottom-up* quando le parti condividono e svolgono delle attività per il raggiungimento dell'obiettivo che ha il sistema. L'obiettivo può comunque essere imposto alle parti da un'entità centrale in modo *top-down*. Quando il processo avviene *bottom-up* può accadere che gli individui (le parti), a un certo livello dal conseguimento dell'obiettivo, cambino il loro obiettivo e quindi il sistema si scompone in altri sistemi (gruppi di individui che condividono altri

obbiettivi). La dinamica dei partiti politici rappresenta un esempio di questa tipologia di cambiamento degli obbiettivi, poiché essi si scompongono quando i suoi aderenti cambiano posizione o preferenza politica — formando a volte altri partiti. Un risultato equivalente (scomposizione) avviene come conseguenza di una trasformazione degli obbiettivi imposti 'dall'alto' come avviene ad esempio nelle rivoluzioni politiche.¹⁶¹ Infatti, dal momento che gli individui (parti) sono consapevoli degli obbiettivi del sistema, essi possono reagire in modo opposto al raggiungimento di questi. Come accennato nella sezione precedente, l'emergenza è percettibile soltanto *a posteriori*. In questo modo il risultato di un cambiamento degli obbiettivi, sia quelli accordati nel sistema sia quelli imposti, generano successivi processi di assemblaggio e/o di scomposizione accompagnati ad altri processi *bottom-up* e/o *top-down*. Quindi, come pure detto in precedenza, la formazione dei sistemi è caratterizzata da incessanti e imprevedibili processi complessi di cambiamento strutturali.

Innumerevoli e svariati esempi nella sfera dell'economia e nei processi di cambiamento tecnologico confermano questo genere di dinamica e 'la coniugazione' dei processi — *assembling*, *disassembling*, *top-down* e *bottom-up*. Infine, descrivendo alcuni processi economici e riguardanti il cambiamento tecnologico, utilizzando le tipologie descritte precedentemente si illustrano processi di dinamica strutturale. Gli esempi più comuni sono quelli che si trovano nell'ambito dell'economia aziendale e della finanza, come quelli che riguardano la pianificazione strategica delle imprese e la gestione di strumenti e fondi monetari. Esempi concreti sono, nell'ambito aziendale, il modo in cui pianifica e implementa il *managing reporting* nelle società che offrono servizi finanziari usa. In funzione del tipo di azienda e della tecnica contabile utilizzata, si possono utilizzare sia l'approccio *top-down* che quello *bottom-up*. In particolare, il caso in cui si assegnano i costi alle attività sulla base di quote (percentuali) ossia in modo *top-down* oppure nel caso in cui si distribuiscono i costi alle attività sulla base dei profitti generati dalla attività stesse e quindi in modo *bottom-up*. Oppure, nell'ambito finanziario, la logica della diversificazione degli investimenti si può basare sull'analisi dei fondamentali

¹⁶¹ Una rivoluzione però, come accennato nei paragrafi precedenti, costituisce una risposta 'dal basso'.

delle società o invece sull'analisi del premio di rischio, cioè la ripartizione dell'investimento con un approccio *bottom-up* nel primo caso e *top-down* nel secondo.

Si possono citare tanti altri esempi in cui risultano evidenti i citati processi di cambiamento strutturale. Nell'ambito dell'economia aziendale ad esempio, gli accordi tra le imprese danno luogo a diversi scenari o tipi di trasformazione. Per esempio, il modo in cui un'impresa si espande può essere del tipo *bottom-up* (in cui si verifica un processo di riproduzione) se la crescita avviene in modo organico, ossia si crea una nuova succursale o sede e si esporta e implementa il modello organizzativo originale; oppure di tipo *top-down* se l'espansione si realizza tramite un'acquisizione (e la società acquistata si disintegra) o per fusione (le parti o le società si aggregano o assemblano). In questo secondo caso il processo richiede la disintegrazione della vecchia organizzazione (dell'impresa acquistata o delle singole società) e l'imposizione (o adattamento) *top-down* di una nuova organizzazione. La verticalizzazione delle imprese rappresenta un processo di assemblaggio in cui verificano sia processi *top-down* di integrazione che di *bottom-up* di adattamento. Un esempio si verifica quando una impresa acquisisce l'azienda fornitrice delle materie prime o semilavorati. Ma la verticalizzazione anche pure avviene *bottom-up* e dare luogo alla diversificazione, come per esempio il caso dell'industria dei computer e nel caso particolare di IBM PC (*vertically disintegrated invention*). Tuttavia, in entrambi questi ultimi due esempi si dà luogo a un processo di assemblaggio.¹⁶²

Il mercato del microprocessore, nell'ambito tecnologico, offre un esempio di assemblaggio *bottom-up* sia per l'aspetto tecnico (ciò che risulta evidente) che quello di mercato. Questo ultimo è basato su una strategia di mercato di adattamento dei *chip* alle esigenze dei produttori di computer. Tuttavia, nella pratica questa situazione appare in modo diverso, poiché un processo che è percepito di diversificazione è in realtà un processo di integrazione; infatti, i computer dei più grandi produttori sono venduti promuovendo la differenziazione di prodotto ma allo stesso tempo sono dotati dello stesso tipo di microprocessore.¹⁶³ Tutto ciò che riguarda l'economia del cambiamento

¹⁶² Vedasi Sezioni 14.2.1.2 e 14.2.1.3.

¹⁶³ Come nel caso dei processori Intel di cui sono dotati la gran parte dei PC e più recentemente (2006) Mac.

tecnologico, in particolare considerando la prospettiva dei mercati, offre diversi esempi riguardanti i processi trattati in questa sezione. Dai due esempi presentati nella Sezione 14.2 e da due settori particolari quali i computer (con enfasi in alcune organizzazioni nei diversi momenti della loro evoluzione) e Internet, si possono evidenziare diversi altri esempi che illustrano questi processi.

Un altro importante esempio dei processi descritti in precedenza è lo scenario che viene descritto nella Sezione 14.2.2, in particolare lo sviluppo di Internet (e il World Wide Web) che pur essendo iniziato come un progetto *top-down* del Advanced Research Projects Agency (ARPA) del Dipartimento di Difesa degli Stati Uniti (U.S. Defense Department), Internet come tale¹⁶⁴ ha la caratteristica di non essere stato progettato da nessuno e quindi la sua struttura (o topologia) a livello di infrastruttura è il risultato di un processo di addizione di 'nodi' in modo *bottom-up*.¹⁶⁵ Allo stesso modo, la rete di utenti (o gruppi di essi) in Internet si è costituita attraverso un processo di integrazione *bottom-up*, il quale ha inoltre dato luogo a diversi processi di riproduzione (virtuali), come quello culturale tra le parti integranti di un determinato gruppo di utenti. Nella Sezione 14.2.2.2 si descrivono alcune delle tante dimensioni implicite nell'utilizzo di Internet e da esse è possibile individuare diversi altri esempi relativi sia processi *top-down* che *bottom-up*.¹⁶⁶ Questo tipo di dinamica, quella di Internet, presenta inoltre delle caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti riguardanti l'auto-organizzazione, in particolare Internet risulta un chiaro esempio di evoluzione del tipo integrazione- diversificazione.

Nell'ambito dell'economia in generale, le sequenziali 'rivoluzioni industriali' presentate da Freeman e Louça (2001) costituiscono chiari esempi di cambiamenti qualitativi. Quando in un sistema si produce un cambiamento quantitativo che eccede i limiti critici del sistema si producono dei cambiamenti qualitativi e il sistema subisce un cambio strutturale. In questo esempio delle 'rivoluzioni industriali' il cambiamento

¹⁶⁴ Ovvero dopo il 1995 quando in più il suo termine è stato quotato dal Federal Networking Council (FNC).

¹⁶⁵ Questo passaggio dal *top-down* al *bottom-up*, ovvero il processo di configurazione (maggiormente da un punto di vista storico-organizzativo) di Internet (Behind the ARPANET: the emergence of the Internet) viene descritto nella Sezione 14.2.2.1.

¹⁶⁶ Vedasi inoltre Castells (2001) in cui si discutete la dimensione 'culturale' (ricerca, università, gruppi con interessi comuni, imprese, nuovi *business model*, ecc.) di Internet così come altre dimensioni da esse risultanti.

tecnologico rappresenta il meccanismo *top-down* che genera dei cambiamenti sia nelle singole parti del sistema che nelle loro relazioni. Per esempio, aumenti di produttività si traducono in un aumento di reddito e delle possibilità di consumo *pro capite*, ma allo stesso tempo comporta anche cambiamenti qualitativi come accentuazione della specializzazione del lavoro, cambiamenti nella composizione del consumo, ecc.¹⁶⁷ Gli esempi descritti nel Capitolo 14 (i computer e Internet) contengono casi particolari di genere di cambiamento all'interno dell'ultima rivoluzione presentata da Freeman e Louça (2001, pp. 301-35), ovvero quella ICT. In questi esempi si verificano anche altri processi: le risposte per bilanciare gli stimoli *top-down*, come è stata la reazione di ogni singola entità economica (industrie, imprese, settore pubblico, famiglie, individui, ecc.) al boom generato dai computer (vedasi Sezione 14.2.1.3), processi di integrazione, di adattamento (e processi di auto-organizzazione) e di riproduzione.

Queste 'rivoluzioni industriali', se intese rispetto alla prospettiva del materialismo storico marxista, costituiscono anche un esempio di risposta per bilanciare gli stimoli, poiché le trasformazioni dei rapporti sociali e lo sviluppo delle forze produttive generano dei cambiamenti nel sistema economico. Le relazioni sociali di produzione sono legate ad un modo particolare di produzione, e un cambiamento tecnologico trasforma il modo di produzione e quindi le relazioni sociali di produzione, ma anche genera una serie di altre trasformazioni sociali ed economiche. La risposta del sistema a un cambiamento tecnologico (*top-down*) sono dunque le trasformazioni sociali (*bottom-up*), come i conflitti nel mercato del lavoro (processi di meccanizzazione con una conseguente espulsione di numerosi lavoratori dal processo produttivo), la concorrenza tra imprenditori per adottare le nuove tecniche, l'incremento della composizione organica del capitale (rapporto tra capitale fisso e variabile), ecc. La risposta del sistema per bilanciare lo stimolo delle 'rivoluzioni tecnologiche' comporta inoltre successivi processi di assemblaggio e di scomposizione oltre a un processo di adattamento alla nuova situazione

¹⁶⁷ Questi cambiamenti risultato del mutamento tecnologico vengono chiariti da Pasinetti (1993, pp. 57-101) sia dal punto di vista della dinamica proporzionale (unicamente cambiamenti quantitativi) che dal un punto di vista della dinamica strutturale.

(nuovi modi e relazioni di produzione, trasformazione dell'intensità di capitale, nuove pressioni sui salari, ecc.).¹⁶⁸

La politica economica nei suoi diversi ambiti di intervento rappresenta anche un chiaro esempio di processi *top-down* e *bottom-up*. Per esempio, una politica che stimola un determinato settore dell'economia costituisce un processo di stimolo *top-down* che genera delle risposte di tipo *bottom-up*, ovvero degli enti economici (banche, imprese, famiglie, ecc.) di quel settore, i quali si adattano generalmente attraverso processi di auto-organizzazione e di integrazione. Le sovvenzioni fornite dallo stato stimolano l'economia delle aree che ricevono tali aiuti, ovvero danno luogo a processi di integrazione *top-down* nel area stesse, come è il caso, per esempio, di alcune politiche ambientali e i relativi incentivi al settore privato.¹⁶⁹ La politica economica è spesso sostenuta da attività di ricerca, quindi l'intervento su un determinato settore dell'economia induce anche della ricerca nei settori in oggetto. L'implementazione dei progetti di ricerca comporta solitamente processi di integrazione *bottom-up* come risposta agli stimoli *top-down*; questo si verifica negli accordi tra istituti e centri di ricerca al momento dell'applicazione per i progetti promossi e finanziati da istituzioni governative o internazionali. Inoltre, le politiche economiche in una determinata area geografica possono essere incentivate dal successo della medesima politica in un altro luogo, quindi essere il risultato della riproduzione di un programma o di un intervento nell'economia.

I regimi valutari delle monete sono un altro esempio di processi *top-down* e *bottom-up* del settore dell'economia. Nel primo caso si tratta di un regime valutario fisso, ovvero un regime in cui il rapporto di cambio tra le diverse valute è fisso e determinato dalla autorità monetaria del paese (solitamente la banca centrale); nel secondo caso siamo in presenza di un regime di cambio di libera concorrenza in cui il rapporto tra le varie valute cambia in funzione della offerta e della domanda. Un cambiamento quantitativo risulta evidente in un regime in cui il valore della valuta fluttua all'interno di un margine (inferiore e superiore) prestabilito dall'autorità monetaria (*top-down*) e in cui una crisi

¹⁶⁸ Alcuni aspetti del modello marxista sono brevemente esposti nella Sezione 3.1.

¹⁶⁹ Per esempio gli incentivi ai cittadini per installare impianti ecologici o eseguire procedure ecologiste.

economica potrebbe provocare il superamento dei limiti critici del sistema, dando luogo a un cambiamento strutturale sia nell'ambito monetario che in altri settori dell'economia.

Come visto negli esempi esposti, esistono diverse combinazioni di processi che danno luogo a una molteplicità di cambiamenti nella struttura del sistema. Concetti come risposte, auto-organizzazione, unificazione, coevoluzione, adattamento, riproduzione, organizzazione, evoluzione, ecc. formano parte delle svariate possibilità di cambiamento che possono avvenire in un sistema. In tutti i sistemi, indipendentemente dal tipo di cambiamento o dalla combinazione di essi, si evidenziano delle proprietà emergenti e pertanto il sistema soffre un cambiamento qualitativo (acquisto o perdita di qualità). L'emergenza tuttavia è ciò che conduce all'evoluzione dei sistemi e dunque il cambiamento strutturale, la trasformazione, risultano il fattore chiave per la formazione dei sistemi. A questi riguardi si dedica il seguente capitolo, concedendo particolare importanza alla trasformazione dei sistemi economici.

9. I SISTEMI ECONOMICI E IL CAMBIAMENTO STRUTTURALE

Nei capitoli precedenti di questa seconda parte sono stati revisionati — sia da un punto di vista concettuale che metodologico — alcuni degli argomenti fondamentali della teoria dei sistemi. Questi sono d'importanza basilare per la comprensione del cambiamento strutturale che caratterizza la dinamica economica. La comprensione del cambiamento strutturale richiede distinzioni concettuali quali sistema-modello-struttura, del riconoscimento della complessità che caratterizza la dinamica socio-economica, del legame tra apertura e chiusura e dell'identificazione dei meccanismi duali di interazione sociale (*assembling/dissambling* e *top-down/bottom-up*), oltre ad altri argomenti e analisi che in questa ricerca, però, sono stati trattati in modo superficiale o addirittura omessi. Tuttavia quanto presentato in precedenza risulta sufficiente per raggiungere lo scopo del presente capitolo, ovvero evidenziare la natura mutabile della struttura economica e in tal modo completare la Parte II. Questa ultima, infatti, fornisce lo schema teorico che serve da guida interpretativa delle Parti I e III per quanto riguarda 'il sistema' economico — e in particolare in uno scenario di mutamento tecnologico.

Come già accennato, il concetto di struttura è di massima importanza per la comprensione dell'evoluzione dei fenomeni economici. In particolare la struttura economica è l'insieme fondamentale di elementi e relazioni tra entità che danno luogo alla trama economica. La trama economica del sistema reale, tuttavia, si differenzia da quella rappresentata nel modello e, di conseguenza, la struttura economica del sistema acquista la forma particolare che possiede il modello del sistema¹⁷⁰ stesso. Per questo motivo, l'argomento riguardante la struttura non solo risulta importante per l'analisi economica, ma lo è altrettanto da un punto di vista sistemico. Da una parte per la teoria economica è importante perché, come evidenziato da Pasinetti (1993, p. 21), la dinamica dei sistemi economici moderni (specialmente dopo la rivoluzione industriale) mostra che col passare del tempo i cambiamenti permanenti nei livelli delle grandezze

¹⁷⁰ Inoltre i modelli hanno un comportamento (rappresentato dai dati che da quel modello si ottengono) che si differenzia dalla struttura del modello, ovvero da ciò che determina il comportamento dello stesso. Vedasi Sezione 6.2 e 6.3.

macroeconomiche di base sono associati a cambiamenti nella loro composizione, ossia a cambiamenti della loro struttura. Tuttavia nel breve termine questi non sono facilmente distinguibili, poiché non è sempre agevole riconoscere con chiarezza se sono delle variazioni o dei cambiamenti genuini (Pasinetti 1993, p. 21). Non è nemmeno sempre facile disporre di osservazioni, dati o fatti empirici che dimostrino in modo chiaro il mutamento della composizione di tali grandezze e, dunque, il cambiamento irreversibile della struttura. D'altra parte, per la teoria dei sistemi in generale, il cambiamento strutturale permette di concepire con maggior chiarezza ciò che si intende per sistema reale¹⁷¹ e quanto costituirà il suo modello, permetterà la valutazione di principi e processi ineludibili nella dinamica di certi sistemi, quali quelli socio-economici. La configurazione che avviene in alcuni sistemi, difficilmente può essere avvertita anticipatamente, poiché il cambiamento strutturale dipende da molteplici e irregolari fattori come, ad esempio, le caratteristiche dei singoli elementi e dei sub-sistemi, le possibili ricombinazioni dei legami tra gli elementi, tra i fattori esterni, ecc. Tuttavia, l'analisi sistemica richiede regole e metodi generali che permettano di tener in considerazione che il sistema (e ciò che viene rappresentato nel modello) ha delle proprietà emergenti latenti e di conseguenza è soggetto a cambiamenti strutturali.

A tal proposito, Domingo (1998, pp. 77-9) segnala delle regole che permettono di identificare il cambiamento strutturale:¹⁷²

1. Conoscenza approfondita degli elementi del sistema, dato che considerare le caratteristiche di ogni elemento permette di valutare alcune delle eventuali possibilità di legame tra di essi. Ciò nondimeno, come visto nella Sezione 8.3.1, l'assemblaggio e la scomposizione dei sistemi hanno molteplici e complesse possibilità.

¹⁷¹ Considerare il sistema reale implica inoltre contemplare l'ambiente che circonda il sistema. Sistema e ambiente (apertura e chiusura) sono nozioni con un legame complesso, come visto nella Sezione 8.2.

¹⁷² Queste regole possono essere di grande interesse soprattutto per lo studio di sistemi sociali e hanno inoltre un parallelismo tematico con il lavoro di Domingo sulla 'società flessibile', in cui si evidenziano diversi tipi di relazioni sociali e i loro cambiamenti. Vedasi <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/carlosd/PortadaSF.html>

2. Elaborazione teorica di un nuovo sistema, in cui si traccia la nuova struttura dello stesso, ovvero la struttura obiettivo del nuovo sistema. In tanti processi sociali gli obiettivi del sistema si formano durante il percorso che porta alla nuova struttura, nonostante che evidenziare gli obiettivi può influire sul processo di trasformazione e instaurazione del nuovo sistema.¹⁷³
3. Articolazione delle contraddizioni, dato che le situazioni problematiche, o punti critici nel sistema, debbono venir esaminate accuratamente in modo tale di cercare delle possibilità di articolazione. Questa regola rappresenta, secondo Domingo (1998, p. 77), una strategia elementare di gestione del cambiamento strutturale, mentre i punti precedenti costituiscono criteri per conoscere il sistema così come postulato dalla teoria dei sistemi.¹⁷⁴ In seguito si enumerano alcune delle strategie più conosciute, a partire dalle quali si dà luogo al cambiamento.
 - a. Attacco al sistema difensivo, poiché i sistemi che evitano sistematicamente il cambiamento hanno una sorta di ‘sistema immunitario’, il quale solitamente viene colpito quando si vogliono propiziare dei cambiamenti.
 - b. Scomposizione e ricombinazione, ossia processi in cui si disintegra il vecchio sistema, ma i suoi elementi vengono usati per la formazione di uno nuovo, come ad esempio nel caso della dissoluzione degli imperi coloniali.¹⁷⁵
 - c. Perturbamenti, i quali solitamente hanno un carattere ‘anarchico’. Le perturbazioni possono essere di ogni genere, ad esempio l’introduzione (quali le innovazioni) o l’eliminazione di elementi. Tuttavia alcune ‘perturbazioni’ possono non generare dei cambiamenti nella struttura, ma dare invece luogo alla manifestazione di ‘meccanismi di difesa’.

¹⁷³ Questa regola sembra fattibile soprattutto nei processi di cambiamento sociale e in cui vi sono preponderanti fattori politici quali le rivoluzioni.

¹⁷⁴ Analizzando bensì la struttura così come essa si presenta, ciò che coincide inoltre con l’approccio funzionalista.

¹⁷⁵ Vedasi inoltre Sezione 8.3.

- d. Sfruttare la crisi, giacché essa è un momento opportuno per indurre dei cambiamenti strutturali (prima però che nel sistema si formino i meccanismi di difesa).
- e. Distruzione delle riserve, ovvero degli elementi non usati che permettono il processo di ricostruzione o rigenerazione della struttura originale (stabilità strutturale).
- f. Costruzione simultanea di un nuovo sistema, ciò che permette che questo sia una possibilità reale e non un sistema 'utopico', oltre a consentire di evidenziare l'incapacità del vecchio sistema a risolvere i problemi.
- g. Trasformazione funzionale, ovvero una trasformazione della struttura come conseguenza del *feedback* tra le entrate e le uscite del sistema, in particolare quando, a fronte dello stesso stimolo (*input*), il sistema attiva delle risposte (*output*) diverse (e il successivo stimolo è funzione di quella risposta). Un meccanismo del genere avviene nel processo di selezione naturale, dal quale si ottiene un cambiamento strutturale delle specie (Domingo 1998, p. 79).

Tuttavia, per lo scopo del presente lavoro, le regole appena elencate costituiscono, più che delle strategie, delle linee di massima che permettono di chiarire la nozione di cambiamento strutturale. Infatti queste precisazioni su casi particolari¹⁷⁶ favoriscono l'intendimento e aiutano a compiere l'astrazione necessaria per la comprensione del cambiamento strutturale. Alcune delle nozioni esposte nei capitoli precedenti servono a precisare concettualmente ciò che si intende per cambiamento strutturale e a questo proposito vengono qui di seguito riassunte.

La struttura è quella parte del sistema che si rappresenta in un determinato modello e per questo motivo ci si riferisce alla struttura del modello.¹⁷⁷ Il sistema può avere tante rappresentazioni strutturali quante ne vengono ipotizzate, dato che ogni insieme di istruzioni contenute in un modello è un tentativo di rappresentare la struttura del sistema.

¹⁷⁶ Oppure come nel caso degli esempi presentati nel Capitolo 14.

¹⁷⁷ Tuttavia, come visto nella Sezione 2.1, ci sono numerose nozioni di struttura nelle scienze sociali. In questo lavoro si usa quella di Domingo (1998, p. 51), spiegata nella Sezione 6.3: la struttura come l'insieme dei componenti del sistema reale rappresentati in un modello.

Tuttavia questi insiemi sono soltanto delle ipotesi sulla struttura del sistema (Vedasi Capitolo 6). Dal momento che un oggetto o fenomeno viene considerato come sistema, si definisce il livello di astrazione da usare per stabilire i limiti dello stesso (e definire l'ambiente) e tutto ciò che il suddetto sistema contiene, ossia gli elementi e le loro relazioni, sia al suo interno che con l'ambiente (Vedasi Sezione 8.1). Esiste perciò un significativo grado di artificialità e arbitrarietà nel modo in cui i sistemi vengono definiti e, dunque, la loro definizione si fonda nella soggettività consensuale (*consensual subjectivity*). Se definire un sistema come tale è una procedura artificiale e arbitraria, allora lo è anche il processo di modellazione del sistema. I modelli, infatti, sono artificiali nella loro composizione e arbitrari nella loro delimitazione. L'arbitrarietà in particolare permette di avere diversi modelli dello stesso sistema, ossia che il sistema possa essere rappresentato attraverso diverse strutture che si formulano in un modello (ipotesi strutturali). Le diverse ipotesi sulla struttura del sistema dimostrano l'impossibilità di conoscere l'oggetto o fenomeno con certezza, ovvero di conoscere la struttura del sistema.

È tuttavia indispensabile tentare di avere un'immagine generale del sistema e di ciò che al suo riguardo si ipotizzerà formalmente nel modello. La descrizione informale del modello è strettamente connessa con la fase del suo sviluppo, in quanto costituisce la fase in cui si concepisce e programma il modello (vedasi Tabella 3), ma è grazie alla descrizione informale di quest'ultimo che si riesce a produrre la *Gestalt* dello stesso. In altre parole, in questa prima fase si definiscono le ipotesi sulla struttura del sistema, ipotesi che successivamente saranno formalizzate nel modello. Solitamente la formalizzazione avviene attraverso la specificazione matematica del sistema. In termini generali la struttura è la rappresentazione del sistema in un modello. Come già accennato nella Sezione 6.3, e in linea con Domingo (1998, p. 53), nel modello matematico si distinguono due aspetti fondamentali per comprendere il cambiamento strutturale: Relazioni-Variabili ed Elementi-Funzioni.

Ancora una volta, la struttura del modello è quell'insieme di elementi e relazioni del sistema reale rappresentati in un modello e che, nel caso particolare del modello

matematico, è l'insieme di variabili che compongono le funzioni descrittive degli elementi (Vedasi Figura 21). Le funzioni (f) costituiscono gli elementi del sistema, poiché con esse si definisce il modo in cui ogni elemento si relaziona con gli altri e l'ambiente, sia attraverso le sue azioni che le sue reazioni. Le funzioni sono composte da variabili ($x_1(t), y_1(t), x_2(t), y_2(t), \dots, x_n(t), y_n(t)$) che a loro volta compongono le relazioni, poiché è attraverso i valori delle variabili che si misurano le relazioni. Queste ultime sono azioni e anche reazioni e rappresentano quindi il dominio e il codominio (*range*) della funzione. Più precisamente, le azioni sono il dominio della funzione (D) e le reazioni sono il codominio ($range(f)$). Nella notazione matematica questo viene comunemente rappresentato, nel caso di una funzione definita nello spazio dei numeri reali ($f : R \rightarrow R$), nella seguente maniera: un elemento (f) definito per $x \in R$ e quindi con $D \in R$, ossia $D \rightarrow f(x) : x \in R$ e un codominio $range(f) = f(D) = \{f(x) : x \in R\}$.

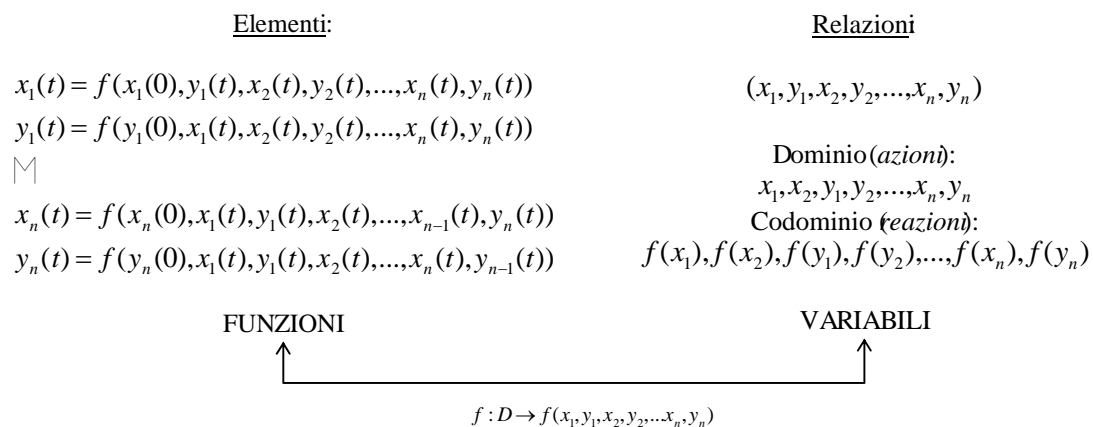


Figura 21: Il modello matematico (Fonte: elaborazione dell'autore)

In altri termini si può dire che le azioni (D) sono gli *input* del sistema (I), le reazioni ($range(f)$) gli *output* (O) e che l'insieme di relazioni (L) tra *input-output* sono le proprietà del sistema. Le relazioni possono avere dei valori diversi nel tempo (t) e in questo modo, ad ogni unità di tempo, la relazione tra gli *input* e gli *output* determina il comportamento del sistema. Dal momento però che un'azione (I) può dare luogo a

diverse reazioni (O), si definiscono gli stati del sistema (S)¹⁷⁸ e perciò la struttura viene definita nel modo seguente:

$$\begin{aligned} I &= \{i_1(t), i_2(t), \dots, i_n(t)\} \\ O &= \{o_1(t), o_2(t), \dots, o_m(t)\} \\ S &= \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \\ L &: I \times S \rightarrow O \times S \end{aligned}$$

Da un punto di vista della rappresentazione matematica la struttura del modello è anche formata dai parametri ($p_1, p_2, p_3, \dots, p_j$) e dai valori iniziali che assumono le variabili ($x_1(0), y_1(0), x_2(0), y_2(0), \dots, x_n(0), y_n(0)$). Queste ultime sono quindi variabili endogene che descrivono la relazione tra gli elementi del sistema, ovvero il comportamento dello stesso. Conseguentemente anche i valori storici delle variabili esogene, che definiscono le relazioni del sistema con l'ambiente, formano parte della struttura del modello. Tutto ciò risulta chiaro se si considera la Figura 22.

Come menzionato, anche la validazione del modello si compie attraverso la sperimentazione, poiché in questa fase si testa la capacità di generalizzazione dello stesso, ovvero se la struttura del modello effettua delle operazioni che permettono di riprodurre al meglio il sistema.¹⁷⁹ La validazione e la sperimentazione sono pertanto procedure di calcolo a cui spettano valori numerici ('quantità'). Tuttavia, come indicato da Domingo (1998, p. 54), i valori numerici vengono soltanto interpretati come proprietà quantitative, pur non rappresentando soltanto delle proprietà numeriche. La struttura del modello, inoltre, è ciò che determina la storia del sistema rappresentato, vale a dire che, per una serie di condizioni iniziali (valori iniziali delle variabili e valori delle variabili esogene) dalla formulazione della struttura viene determinato il comportamento del modello.

¹⁷⁸ Invece di una funzione, poiché essa non sarebbe una funzione del tipo *one-to-one* o *many-to-one*, ma una *multivalued function*.

¹⁷⁹ Si massimizza il *fit* delle uscite (*output*) relative a particolari ingressi (*input*).

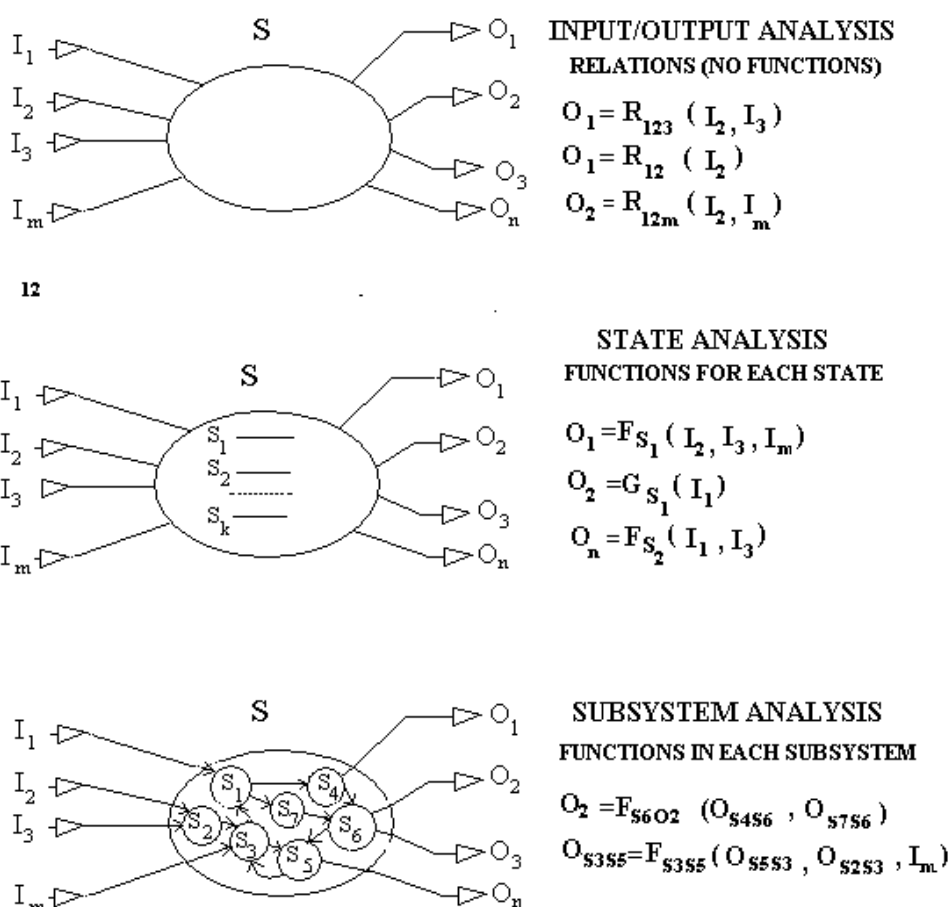


Figura 22: Tecniche per l'analisi sistemica (Fonte: Domingo 1977, p. 6)

Da quanto sopra menzionato si può dunque aggiungere che dal momento in cui le variabili misurano le relazioni, ovvero ne determinano le dimensioni, esse (le variabili) si riferiscono alla 'quantità'. Le funzioni invece, dal momento che rappresentano il modo in cui si relazionano le variabili, ovvero raffigurano gli elementi, si riferiscono alla 'qualità'. Dalla particolare formulazione matematica, attraverso la quale si distingue una determinata struttura del modello, si generano dati temporali che rappresentano l'andamento nel tempo delle variabili considerate nel modello, ciò che viene definito da

Domingo (1998, p. 54) come cambiamento dinamico o quantitativo.¹⁸⁰ Questa procedura costituisce la più comune modalità di analisi dinamica, nella quale i valori delle variabili cambiano col trascorrere del tempo, ma le variabili e le funzioni descrittive della struttura rimangono invariate, così come rimangono costanti anche i valori dei parametri. Pasinetti (1993, pp. 57-68), per motivi di comparazioni e contrasto, oltre che per preparazione delle appropriate formulazioni di dinamica strutturale, sviluppa questa nozione nell'ambito della modellistica economica e la definisce come 'dinamica proporzionale', attraverso la procedura citata nel paragrafo successivo. Oltre a ciò, Pasinetti (1993, p. 68) sostiene che, se l'analisi si concentrasse soltanto sulla procedura della dinamica proporzionale, si 'troverebbe in contrasto stridente e profondo con l'evoluzione di lungo periodo di ogni sistema economico reale; passato, presente e futuro'.

Il procedimento che si seguirà è quello di formulare in primo luogo delle ipotesi circa l'andamento nel tempo di quelle grandezze che sono accettate esogenamente dall'esterno della nostra analisi economica (popolazione, conoscenze tecniche, configurazioni di consumo); di procedere quindi alla ricerca delle condizioni che devono essere soddisfatte affinché esistano soluzioni per le grandezze che sono oggetto della nostra indagine economica; e di passare infine ad esaminare l'andamento in equilibrio di tali soluzioni al trascorrere del tempo. (Pasinetti 1993, p. 57)

Quando però le trasformazioni del sistema implicano mutamenti degli elementi o delle relazioni, ovvero si producono dei cambiamenti nelle qualità del sistema, avviene un cambiamento strutturale. Domingo e Tonella (2000, p. 212) definiscono questo tipo di cambiamento come quello che implica un mutamento nell'identità dell'oggetto o fenomeno modellato.¹⁸¹ L'appena citata definizione è inoltre più generale di quelle che prendono soltanto in considerazione le proprietà emergenti, dato che considera l'addizione e l'eliminazione delle parti o dei sub-sistemi, la disintegrazione, il crollo e i mutamenti del comportamento a livello complessivo (Domingo & Tonella 2000, p. 212).¹⁸² Considerando quanto esposto sui modelli matematici nei paragrafi precedenti, si può stabilire cosa si intende per cambiamento strutturale:

¹⁸⁰ Domingo (1998, p. 54) chiarisce inoltre alcuni meccanismi attraverso i quali questi cambiamenti quantitativi possono diventare cambiamenti generalizzati e irreversibili. Vedasi Domingo (1998, pp. 54-5).

¹⁸¹ Ciò implica che quando nel sistema (rappresentato in un modello) si verificano dei cambiamenti nei valori delle variabili (o dei parametri) non avviene un cambiamento nell'identità dell'oggetto o fenomeno modellato. (Domingo & Tonella 2000, p. 212).

¹⁸² Questi meccanismi sono strettamente collegati a quelli esposti nella Sezione 8.3.

1. Compaiono o scompaiono (uno o più) elementi del sistema, ciò che implica aggiungere o eliminare equazioni nel modello matematico.
2. Compaiono o scompaiono (una o più) relazioni tra gli elementi, ciò che implica aggiungere o eliminare variabili del modello matematico.
3. Si trasforma il comportamento degli elementi del sistema (ovvero degli elementi e delle variabili), ciò che implica una modifica del sistema di equazioni che conformano il modello matematico.

Per esempio, nell'ambito dell'economia, Pasinetti (1993, pp. 57-101), in un'indagine sulle conseguenze economiche dell'apprendimento umano, formula un modello matematico e, in particolare, mediante una rappresentazione analitica composta da funzioni esponenziali, dimostra la dinamica strutturale dei prezzi, della produzione e dell'occupazione, considerando il progresso tecnico e l'evoluzione dei consumi.

Un cambiamento strutturale è originato da cause interne o esterne a ciò che si considera per sistema. In particolare queste cause cambiano, eliminano o aggiungono elementi o relazioni. Quando il cambiamento avviene per cause interne è solitamente legato ai meccanismi di controllo del sistema¹⁸³ e dunque è il risultato di cambiamenti quantitativi (Domingo 1998, p. 56). In particolare la trasformazione strutturale avviene perché i meccanismi di auto-controllo del sistema vengono sorpassati, ciò che dal punto di vista del modello matematico si manifesta come il superamento del limite critico di una o più variabili del sistema rappresentato. In effetti i modelli economici manifestano l'esistenza di questi meccanismi di auto-controllo¹⁸⁴, anche se la dinamica economica evidenzia in modo lampante il costante emergere di cambiamenti strutturali.¹⁸⁵ Da questi

¹⁸³ Ovvero, come sopra menzionato, il 'sistema difensivo'. Un esempio tipico di meccanismo di controllo sono le reazioni cataboliche e anaboliche che avvengono all'interno della cellula.

¹⁸⁴ Come si può verificare in diversi modelli del periodo neoclassico dell'economia. Inoltre, questi generi di modelli, in modo analogo alla concezione strutturalista e funzionalista, considerano i cambiamenti strutturali come un 'incidente' o anomalia del sistema. Ciò nondimeno il cambiamento strutturale è inerente all'evoluzione dei sistemi e riconoscibile nella maggior parte di questi.

¹⁸⁵ "Vale la pena di ricordare che, nonostante la generale trascuratezza da parte dei teorici, tuttavia accenni, spunti e intuizioni sui problemi della dinamica strutturale non hanno mai cessato di emergere, anche nel processo tra le due guerre mondiali, principalmente per merito di autori che hanno dedicato attenzione agli aspetti empirici o istituzionali dei sistemi economici. Anche se talvolta si è trattato solamente di poco più di intuizioni, è importante ricordarle. Gli stessi argomenti hanno naturalmente continuato a riemergere, con vigore e insistenza maggiori, nel periodo post-bellico." (Pasinetti 1993, p. 31)

tipi di cambiamenti quantitativi di origine endogena, si generano dei cambiamenti qualitativi, poiché la conseguenza del cambiamento quantitativo è la comparsa o scomparsa di legami tra gli elementi o la trasformazione della relazione. Dal momento che nel sistema avviene un cambiamento strutturale, il sistema può scatenare una successiva serie di altri cambiamenti, sia quantitativi che qualitativi. In questo modo il cambiamento strutturale si propaga e questo processo di propagazione del cambiamento continua fino a che il sistema raggiunge una nuova struttura stabile (Domingo 1998, p. 55) che è verificabile con certezza solamente a posteriori e nel lungo periodo (Vedasi Figura 23). Quest'ultimo argomento sarà ripreso nuovamente nei successivi paragrafi.

Quando invece il cambiamento è causato da perturbazioni esterne, come spesso accade nei sistemi di carattere sociale, il mutamento della struttura appare come improvviso e profondo, ovvero del genere 'rivoluzionario'. Questi tipi di cambiamenti possono comportare, come nel caso di quelli di origine endogena, successivi cambiamenti quantitativi e qualitativi. Domingo (1998, pp. 58-64) spiega i meccanismi generali di questo tipo di cambiamenti di 'rivoluzione strutturale', ma anche quelli in cui il cambiamento strutturale è evolutivo. La comprensione della dinamica di questi ultimi implica la distinzione tra struttura centrale e periferica, in cui la seconda costituisce ciò che nel modello viene considerato come ambiente.¹⁸⁶ L'appena accennata distinzione permette anche di identificare i sistemi che hanno stabilità strutturale, ovvero quelli in cui i cambiamenti danno luogo a strutture equivalenti.¹⁸⁷ Questo è il caso di quei sistemi in cui il cambiamento non altera il comportamento generale, oppure quando il sistema ha la capacità di isolare il problema e ricostruire il sistema, ecc.

¹⁸⁶ Come visto nella Sezione 8.2, la relazione sistema-ambiente è complessa e implica la considerazione di diverse altre nozioni. Vedasi Capitolo 6 e Sezione 8.2.

¹⁸⁷ Questo è legato a quanto già detto in precedenza e accennato da Pasinetti (1993, p. 21): 'nel breve periodo non è sempre agevole distinguere con chiarezza quei cambiamenti che sono puramente transitori e reversibili (dato che riflettono aggiustamenti a scarsità temporanee o a vari *shock* accidentali esterni) dai mutamenti strutturali genuini, che si possono definire come quei mutamenti nella composizione che sono permanenti e irreversibili. Ma nel lungo periodo le deviazioni temporanee, nell'una direzione o nell'altra, si elidono a vicenda, mentre le grandi tendenze di fondo emergono in modo sempre più marcato.'

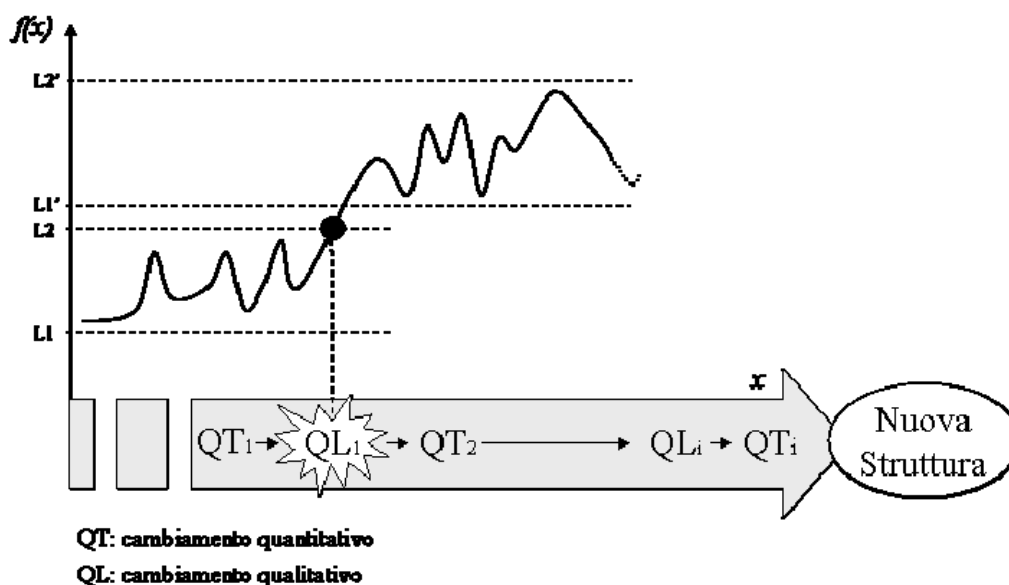


Figura 23: Propagazione del cambiamento.¹⁸⁸ (Fonte: elaborazione dell'autore)

La comprensione dei cambiamenti strutturali rivoluzionari ed evolutivi richiede inoltre una discussione approfondita sulle peculiarità dei sistemi e sulle diverse possibilità riguardanti i meccanismi che inducono a dei cambiamenti.¹⁸⁹ La suddetta discussione implica elevati livelli di astrazione e discussioni di sorta epistemologica e ontologica, ma questo oltrepassa però i limiti del presente lavoro.¹⁹⁰ Malgrado ciò la comprensione di alcuni concetti e meccanismi quali quelli revisionati nei capitoli precedenti e successivi — equilibrio, autopoiesi, omeostasi, *top-down/bottom-up*, cicli, *assembling/dissambling*, evoluzione, complessità, entropia, obiettivi del sistema, retroazione, ecc.— permettono di avvertire fenomeni di cambiamento strutturale nei sistemi reali e rendere esplicito il problema della dinamica strutturale. Quest'ultimo in particolare diventa di massima importanza per l'analisi metodologica, in quanto risulta indispensabile tener conto della distinzione tra sistema-modello-struttura e ciò che esso implica per la comprensione dei fenomeni e la loro 'teorizzazione'. Pasinetti (1993, p. 21) mette in luce anche l'importanza analitica del cercare di individuare e comprendere le

¹⁸⁸ Dove L_i e L_i' rappresentano i limiti critici della variabile.

¹⁸⁹ Quanto più variare sono le proprietà degli elementi (ossia quanto più complesse sono le funzioni descrittive), quanto più elevato è il numero di possibili strutture risultanti. In effetti, risulta notevole la quantità di possibili strutture risultanti in un sistema formato da pochi elementi semplici (o con poche proprietà).

¹⁹⁰ La dinamica strutturale può essere infatti descritta attraverso il principio dialettico, poiché i meccanismi che caratterizzano la dinamica sistemica costituiscono circuiti ricorsivi ininterrotti.

relazioni che esistono tra i movimenti cumulativi delle grandezze economiche (cambiamenti quantitativi) e i mutamenti che hanno luogo nella loro struttura (cambiamenti qualitativi).

Inoltre, e come accennato in precedenza, si riprende l'argomento legato alla propagazione del cambiamento, ciò che comporta altresì, nuovamente, la considerazione del modello matematico e la forma dell'evoluzione temporale. Il motivo per cui questo argomento viene ripreso è proprio quello di mettere in risalto il legame complesso tra il sistema e le parti (e le loro relazioni) e tra il modo di percepire il sistema e rappresentarlo in modello, ovvero quel legame tra sistema-modello-struttura. Da questa complessità sorge infine l'idea della dinamica del sistema. Questa è basata su una sequenza di cambiamenti quantitativi e qualitativi che danno luogo a cambiamenti strutturali nel sistema e fanno sì che la sua rappresentazione (modello) abbia validità limitata. La propagazione del cambiamento, pertanto, è un'idea chiave per comprendere l'evoluzione dei sistemi: il sistema si forma dalla trasformazione. Questo concetto si chiarisce considerando gli argomenti discussi nella Sezione 8.3, in particolare se si osservano i processi di assemblaggio e scomposizione. Oltre a ciò, questa affermazione implica l'utilizzo delle modalità analitiche che contemplano il sistema e la sua rappresentazione anche da un punto di vista qualitativo. Un esame previo della Figura 24 e quanto precisato da Morin (1977, Vol. 1, p. 130) permettono di comprendere in modo generale e astratto quanto esposto:

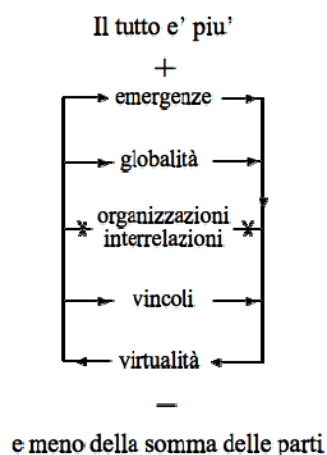


Figura 24: Il tutto e le parti (Fonte: Morin 1977, Vol. 1, p. 130).

Il sistema è a un tempo più, meno, qualcosa di diverso della somma delle parti. Le parti stesse sono meno, in casi più, in ogni modo diverse da ciò che erano o sarebbero esternamente al sistema.

Questa formulazione paradossale mostra anzitutto l'assurdità che si avrebbe nel ridurre la descrizione del sistema a termini quantitativi. Essa indica non soltanto che la descrizione deve essere anche qualitativa, ma soprattutto che deve essere complessa.

Questa formulazione paradossale ci mostra nello stesso tempo che *un sistema è un tutto che prende forma nello stesso tempo in cui si trasformano i suoi elementi*. [...]

Le acquisizioni e le perdite qualitative ci indicano che gli elementi che prendono parte a un sistema sono trasformati *anzitutto in parti di un tutto*.

Ci troviamo dinanzi a un principio sistemico chiave: il legame fra formazione e trasformazione. *Tutto ciò che forma trasforma*. (Morin 1977, Vol. 1, pp. 130-1)

In questo modo, considerando l'evoluzione strutturale dei sistemi e lo scopo che hanno i loro modelli, si può verificare che questi ultimi comunemente non contemplano le trasformazioni di tipo strutturale. In particolare, quando un sistema viene rappresentato attraverso un modello matematico, la dinamica di quest'ultimo non riflette cambiamenti nella struttura, ma soltanto dei cambiamenti quantitativi attraverso il tempo.¹⁹¹ In altri termini, attraverso i modelli si verificano le variazioni delle variabili rappresentate nel modello, ovvero attraverso la struttura considerata si generano dei dati sul sistema.¹⁹² Pasinetti (1993, p. 21) afferma che, rispetto alla dinamica strutturale, nella teoria economica c'è stata una sorprendente carenza di attenzione, consapevolezza e per di più sembrerebbe che i contributi più noti nell'ambito analitico 'siano stati ottenuti precisamente mediante l'imposizione delle supposizioni più restrittive sul cambiamento strutturale, o addirittura mediante l'imposizione della supposizione che il cambiamento strutturale non avvenga affatto' (Pasinetti 1993, p. 23).

Come precisato da Morin (1977, Vol. 1, p. 131), l'idea di emergenza¹⁹³ è inseparabile dalla morfogenesi sistemica. L'evoluzione del sistema è fondata sulla morfogenesi, ovvero una trasformazione continua della 'forma' nello spazio e nel tempo piuttosto che la classica rappresentazione basata su variazioni nello spazio e nel tempo di un sistema morfologicamente 'infinito'. Tuttavia, e come rappresentato nei modelli, durante il periodo di stabilità strutturale, il sistema si trasforma quantitativamente e

¹⁹¹ Le regole citate in precedenza per identificare il cambiamento strutturale (Domingo 1998, pp. 77-9) servono come sostegno a questo compito analitico.

¹⁹² Proprio per questo la dinamica e l'associazione sistema-modello è solitamente intesa come il legame tra l'entità (oggetto o fenomeno) reale e la sua descrizione quantitativa attraverso il tempo, ottenuta dalla sua progettazione in un modello.

¹⁹³ Emergenza intesa come una nuova forma che costituisce il tutto (Morin 1977, Vol. 1, p. 130)

queste trasformazioni accadono inoltre in maniera discontinua, ovvero i saggi di variazione della struttura rappresentata nel modello matematico (attraverso un insieme di variabili e funzioni) non cambiano in modo costante nel tempo.¹⁹⁴ Il sistema però, da un punto di vista strutturale, costituisce una realtà durante un tempo limitato, dopo di che si forma in una nuova realtà. Il modello è dunque una rappresentazione (ipotetica) di una realtà limitata, in cui l'insieme di funzioni e variabili ha una validità determinata. Realizzare modelli sensibili al cambiamento strutturale rappresenta una sfida per la teoria della dinamica dei sistemi e per la teoria economica — nonostante ci siano delle eccezioni a tale impegno, come il sopra citato modello di Pasinetti (1993). In particolare, l'approccio della complessità permette la comprensione e spiegazione dei sistemi e quindi contempla la dinamica strutturale inerente agli stessi.

Infine, il processo di cambiamento strutturale, vale a dire la successione dei cambiamenti quantitativi e qualitativi, costituisce l'espressione più generale e astratta della dinamica sistemica. Sotto quest'ottica si possono ulteriormente riconoscere i processi di cambiamento strutturale che accadono attraverso i meccanismi descritti nella Sezione 8.3 e individuare quelli avvenuti nel percorso innovativo delineato attraverso i due esempi della Sezione 14.2. Questi esempi, affini alle formulazioni di Pasinetti (1993, pp. 69, 81), confermano altresì il progresso tecnologico come il *primum movens* della dinamica dei sistemi industriali moderni.

¹⁹⁴ Ossia le variazioni non accadono ad ogni unità di tempo (t) come solitamente si considera nei modelli. Pasinetti (1993, pp. 77-9) supera questa limitazione analitica e suppone tratti di tempo finiti di lunghezza (z) chiamati 'fasi'. In particolare, una fase è un lasso di tempo fisso (z) più lunga che l'unità di tempo (t) che però insieme ad un'altra variabile \mathcal{G} e ulteriori precisazioni (tal $\mathcal{G} = t - \eta z$) permette rappresentare gli andamenti temporali dei coefficienti. Vedasi Pasinetti (1993, p. 77-9). Vedasi Sezione 3.4.

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Al cambiamento strutturale attengono diverse tematiche in ambito interdisciplinare, sia in modo teorico che applicativo. Tuttavia riflettere sulla dinamica strutturale richiede in modo ineluttabile la discussione astratta e generale del concetto trinitario sistema-modello-struttura. L'idea di cambiamento strutturale implica infatti l'associazione di questi tre concetti che sono connessi sia in modo fenomenico che organizzazionale ed analitico, in cui il concetto 'modello' permette reciprocità fra i tre termini. Nonostante la nozione di modello abbia diversi significati, esiste un consenso generale nell'utilizzo del suo significato più semplice, ovvero: un modello come analogia o descrizione, utilizzato per analizzare qualcosa definito 'sistema'. In particolare nelle scienze sociali, i modelli hanno il compito di comprendere delle realtà che non possono essere osservate — e nemmeno intese — in modo immediato nel loro complesso, ma soltanto in modo parziale. Effettivamente questa definizione è compatibile con quelle presentate nei capitoli precedenti, in cui il modello del sistema è una rappresentazione parziale o totale dello stesso e dove questa rappresentazione è allo stesso tempo il prodotto di un processo di astrazione ed un'ipotesi strutturale del sistema. L'astrazione permette sia la generazione di concetti, ovvero di rappresentazioni mentali costruite dall'osservazione di una realtà parzialmente conosciuta¹⁹⁵, che la formulazione delle ipotesi, le quali definiranno la 'struttura del modello'. Da ciò si può affermare che il modello non è indipendente da chi lo concepisce, poiché questo raffigura la visione soggettiva del modellatore, ovvero ciò che egli osserva e intende del sistema.

Dall'analisi del concetto trinitario si evidenzia inoltre la dualità dialettica di altri concetti strettamente legati ai primi tre. In altre parole l'intendimento di questo concetto 'in tre' (sistema-modello-struttura) rimanda alla comprensione di altri principi che a loro volta sono caratterizzati dalla dualità, ovvero richiedono l'analisi di concetti ricorrenti. Questa nozione di dualità e ricorrenza risulta evidente se si considerano i concetti esaminati nel Capitolo 8 quali sistema/ambiente (apertura/chiusura),

¹⁹⁵ Per di più, esistono dei modelli che sono il risultato delle rappresentazioni mentali del modellatore, possono essere sistemi che non esistono o sistemi esistenti che debbono essere migliorati, perfezionati oppure ottimizzati, e dunque sono un'idealizzazione o progettazione dal modellatore.

assembling/disassembling e *top-down/bottom-up*. Questi permettono non soltanto di comprendere alcuni dei meccanismi a partire dai quali si producono dei cambiamenti strutturali, ma anche di capire l'idea dei menzionati tre concetti. In effetti un sistema è un assemblaggio di parti, ossia l'aggregazione in un tutto di parti tra di loro relazionate (a volte per compiere una funzione determinata). La modellazione inizia da un processo di scomposizione, ossia dallo smembramento della parte di realtà che è oggetto di interesse, e, quindi, attraverso un processo di composizione (assemblaggio), si progetta e costruisce un modello con una determinata struttura. In altre parole il proposito per il quale il modellatore definisce 'qualcosa' come un sistema, indica ciò che il modello deve o non deve includere; in questo modo modellare è l'assemblaggio di parti che sono state scollegate dal tutto (dell'universo del reale). Da questo è possibile dire che i modelli sono arbitrari nella loro definizione ed in particolare secondo Daellenbach (2003, p. 25) quando qualcosa è definito come un sistema (*something is a system*), in realtà vuole dire che qualcosa è stato considerato come un sistema (*I view something as a system*). I sistemi esistono, ma è il modellatore che li definisce come un sistema che delimita ciò che forma parte del sistema, ovvero che formula ipotesi sulla struttura. In questo modo, da una parte, tra le cause più evidenti del cambiamento strutturale si distinguono quelle in cui si compongono (*assembling*) o scompongono (*disassembling*) elementi del sistema come conseguenza dell'azione di forze endogene o esogene. D'altra parte il processo di modellazione implica anche l'applicazione degli stessi meccanismi che poi dovranno essere considerati dal modellatore come meccanismi che inducono dei cambiamenti nella struttura del modello.

In tal modo, poiché modellare un sistema è un processo artificiale di disgiunzione e di aggregazione, che deve però anche tenere in considerazione i processi reali delle due 'operazioni', significa che esiste una ricorsività concettuale (*conceptual recursivity*). Inoltre, dal momento che il modello è una rappresentazione del sistema, tutto questo comporta che i cambiamenti di tipo strutturale avvenuti nel sistema reale debbano essere considerati nella struttura del modello del sistema e dunque che si consideri un nuovo modello.

I sistemi esibiscono un comportamento o delle proprietà che non sono presenti individualmente in nessuno dei componenti, ovvero questi comportamenti o proprietà sono nuovi o diversi e pertanto ‘emergenti’. In altre parole tali comportamenti o proprietà emergono soltanto dall’interazione congiunta o dalla connessione tra le parti che conformano il sistema e per questo vengono chiamate emergenti. In particolare tanti sistemi sono progettati con lo scopo di generare delle proprietà emergenti desiderate. La configurazione del sistema, però, è più che una semplice collezione di componenti arrangiati secondo uno schema particolare, perciò soprattutto in quei sistemi concernenti le attività umane, questo compito risulta difficile. Considerando gli elementi separatamente, si possono individuare le loro potenzialità, tuttavia la loro unione scatena — nel breve o nel lungo periodo — delle proprietà emergenti *a priori* non prevedibili. Nel caso particolare dell’economia, queste considerazioni sono di grande utilità a livello applicativo (ossia nella pratica economica), poiché la connessione tra le singole parti deve essere coordinata appropriatamente in modo tale da generare delle proprietà emergenti utili, come ad esempio risulta evidente¹⁹⁶ nel caso delle politiche economiche, delle catene di produzione, dei sistemi di controllo o di trasporto. Nonostante ciò, e come indicato da Domingo e Tonella (2000, p. 221), la previsione del cambiamento strutturale risulta difficile, in quanto la struttura stabile ‘nasconde’ problemi e tensioni e dunque costituisce ‘il velo che nasconde la struttura emergente’.

Infine, i concetti esaminati nei capitoli precedenti hanno permesso di delimitare l’area d’interesse e di studio del presente lavoro, in particolare di presentare uno schema teorico che permette di interpretare argomenti, quali quelli presentati nella Parte I e III, sotto l’ottica della dinamica strutturale.

¹⁹⁶ Una ragione per cui usare l’approccio della teoria di sistema risulta attraente per la risoluzione di problemi è quello di permettere di avere maggiori possibilità di comprendere la dinamica del sistema con consapevolezza analitica dell’emergenza, piuttosto che ricercare di prevedere le proprietà emergenti.

PART 3:

TECHNOLOGICAL CHANGE AND STRUCTURAL ECONOMIC DYNAMICS

11. INTRODUCTION

Economic theory is a body of ideas, principles and methodologies applied or applicable to an economic matter. In this way, evolution of economic theory must be aligned with the evolution of real systems. When economic systems change — and economic theory does not explain satisfactorily those systems — then economic theory must change accordingly. Various economic observers frequently affirm that economic theory has not adequately explained the behaviours that have occurred as a response to certain changes. Indeed, economic theory — mostly following the neoclassical tradition — has been concerned with adjustments towards equilibrium, short-term analyses of supply and demand of goods and services; and in many cases has been reduced to predicting reactions to changes in a given set of variables.

Theoretically, and as argued in Part II, the structure of a system is defined by the system's hypotheses; and a system could have as many models as structural hypotheses. But the complexity that characterizes human-related systems makes it difficult to understand their dynamics and therefore to model them (by conceiving a specific system structure). However, economists have formulated models, establishing relationships between elements; they have also collected periodic data as a measure of economic elements, including their relationships.¹ These elements include: consumption, unemployment, poverty, buying, selling, prices, money, and so forth. In this way, economic models have had a tendency to be simple models that explain the impact (or causality) of one variable on another, and explain the behaviour of an element — in many cases, under the *ceteris paribus* assumption, using econometric methods, as well as isolating the system while considering particular quantitative aspects. Then in order to define each of the elements of the system, the mainstreams

¹ About systems, models and structure see Chapter 6.

of such models have used identity equations and descriptive equations in order to explain how an economic element is calculated and/or to describe how an economic element behaves. The working of the economy therefore is explained through the system of these equations or functions. Also, as argued in Part II, the effectiveness of these various economic models is limited because they do not foresee structural change. In other words these models do not tolerate changes in the object's identity nor do they adequately define connective relationships and the elements that constitute these connections.²

In view of these inadequacies and as a response to them, an overview of evolutionary economics theory is presented in Section 13.1. Metcalfe (1998, p. 3) defines evolutionary processes as dynamics that explain changing patterns in the relationships between entities, but, furthermore, the evolutionary process explains structure change over time, and how structure itself is an emergent property (Metcalfe 1998, p. 29). Whether changes are technological, organizational or social, they drive economic change. In the next sections, however, only technological change is considered and analyzed. This is done by means of two examples of technological innovation (presented in Chapter 14). As stated by Metcalfe (1998, p. 37), innovation is a matter of differential behaviour, and differential behaviour is the basis for structural change. In the final analysis reasons for using the evolutionary economics approach will become clear, so that the evolutionary perspective will be seen as a suggestive framework for interpreting the history of an economic system which is permanently in transition.

In this work, the evolutionary approach is not assumed in a Darwinian sense; nor is it generally based on a biological metaphor. As in Freeman and Louça (2001, p. 49), the evolutionary conception used here is based upon two central concepts. The first one is the system approach (exposed in Part II), because the economy is conceived as an organic whole driven by a process of change. The second is related to

² Nevertheless there are exceptions as it is the Pasinetti's model (1993) which provides solid basis for dealing with structural change and technical progress (see Section 3.4), and also some of the applications of complex system methodologies as agent-based computational economics models and complex adaptive systems models (see Chapter 7 and Section 8.1).

the Schumpeterian concept of ‘creative destruction’, and to the non-mechanistic and historical view of capitalism.

Our thesis agrees with the conception that “evolutionary economics is real economic history” (Loos 1918, p. 552); hence economic history is concerned chiefly with successive forms of industrial organization and with successive stages of economic progress. In agreement with the just mentioned, economic progress is considered as progress in achievements or inventions representing the increasing mastery of man over nature, and also associated to the production and distribution of goods. These references to Loos’ view are compatible with the reasoned history suggested by Freeman and Louça (2001, p. 117), in which an explanation of the economic system is historical rather than focused on the application of a particular quantitative method; and it is evolutionary rather than mechanistic.

Moreover, the blended approaches of evolutionary economics — such as the Schumpeterian — and cycles — such as in the Kondratieff sense — seem suitable approaches to analyze the nature of an economic dynamic, where the economic system is not only describable in quantitative terms but also contains qualitative variables, hybrid variables and overlapping systems. However, the present research does not intend to go beyond an analysis of the pattern of innovation-driven changes, but to just offer, as already mentioned, an outline of both approaches in Chapter 13.

As proposed, innovation is seen as a primary source of change, as stated by Metcalfe (1998, p. 11), so that specific innovations appear as key factors over history and have been identified (jointly with competition) as sources of change — change which is in itself undergoing the process of change. Innovation is also observable in the mutual interdependence between source and process. Schumpeter (1911, in Metcalfe 1998, p. 11) opened the discussion (which remains open) about innovations, which are not simply associated with changes of technology, but with the wider problem of economic development linked to organizational and socially related matters. Thus, here, innovations are considered in terms of two examples of technological innovation – the computer and the Internet – and examined within the context of an historical framework, taking as one basis the dynamics of structural change.

On one hand, the invention of such electronic devices as computers happened alongside a set of other inventions. As a form of innovation, computers are associated with another cluster of innovations (in which the development of the chip is key) and must be placed within an economic, social, political and institutional framework. The beginning of computers, as is well known, produced a series of changes affecting different spheres and co-evolved as part of the process of development (technical, economic, institutional and social). There is now an awareness of the emergence of new economic sectors, ways of working, new techniques, new decisional processes, new scientific branches, new cost structures, and so on, all of which have been pushing the economic system into new paradigms and configuring new social and economic systems. A brief history about computers, some stages of its ‘organizational’ evolution — in particular those related with IBM’s evolution — some methodological approaches to analyze technological change and some patterns of the computers socio-economic impact, are presented in Section 14.2.1.

Innovations, on the other hand, beside those of the computer, appearing as a result of the Internet unravelled the skein of society and also set it up into new paradigms: it is still configuring culture and society. But the changes and consequences of the so-called Internet ‘bubble’ are still to be fully understood. The Internet usage-dynamics evidently have generated (and are generating) new patterns and new social practices, including new areas of economic life, such as the Network Society, the New Economy, and so on. Section 14.2.2 looks at how the Internet became the lever for transition to a new form of society, while also mentioning how some parts of the Internet as a communications medium plays a role in this new social structure. In the specific field of economics, the Internet covers or is involved in a whole range of subjects and contexts, both micro and macro-economic covering *e*-business, dot.com firms, telecommunications, the labour market (employment), finance, government bureaucracies and democracy, knowledge and information, as well as economic theory and economic laws themselves. All these areas are evidenced in the emergent patterns of the impact which the Internet has had upon all of us.

The following concepts are presented as a sort of road map for understanding the next chapters. Such concepts as innovation, technological change and creative response, will be discourses which are mentioned and entered into frequently.

According to Schumpeter (1947, p. 151) an innovation is simply doing a new thing or the doing of things that are already being done in a new way (and those new things need not be spectacular or of historical importance). Technological change is explained in terms of creative response. Whenever the economy or an industry or some firm in an industry does something else, something that is outside of the range of existing practice, one may speak of creative response. So, a technological change is a kind of reaction to change in 'conditions' that occurs when there is a creative response³ (Schumpeter 1947, p. 150).

The general organization of the paragraphs and pages that follow is structured around the above concepts, and the intention of the next pages is, more than anything else, to provide starting points from which further developments in the areas of technology and economic dynamics can be made. So, after the analysis of economic structure and structural change in economic theory in Part I and the presentation of a summary and theoretical analysis of systems theory and structural economic dynamics in Part II, this Part III will discuss how structural change can be understood and analyzed in terms of historical analysis, and in particular as a response to technological innovations. In addition, two theoretical approaches of economic studies are reviewed, such as the evolutionary theory and research on economic cycles. This historical analysis is developed using two examples of technological innovation: computer and the Internet.

³ This is not merely an adaptive response, or that which happens when an economy or a sector adjusts itself to a change in its data in the way that traditional theory describes (Schumpeter 1947, p. 150).

12. THE ECONOMICS OF TECHNOLOGICAL CHANGE: AN OVERVIEW OF THE IMPORTANCE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR THE ECONOMY AND IN ECONOMIC THEORY

Economic theory is a body of ideas, principles and methodologies which applies to an economic matter. Its evolution has to be associated with those of real systems, so that when real economic systems change, economic theory must follow these changes. According to some authors that deals with human sciences, economic theory has long ceased to be satisfactory (if it ever was, and perhaps it has never been) in explaining behaviours in response to sets of changes. Instead, economic theory has concerned itself with adjustments towards equilibria, short-term analyses of supply and demand of goods and services, and in many cases has been reduced to simply predicting reactions to changes in a given set of variables. Furthermore, the economy cannot be isolated from the social context, in other words the economy is a complex system that cannot easily be isolated from its environment. Moreover, the economy can never be considered autonomous, because it is dependent on other sciences. Many elegant economic theories are perhaps devoid of reality, and even if they contribute to the theoretical body of social sciences, and can usefully explain some aspects of economic behaviour, they are not self-sufficient and it is futile to consider them so (Freeman & Soete 1997, p. 284). Attitudes have changed gradually in the post war years, as two undeniable factors emerged: first, the vast expenditure on Research and Development made it increasingly obvious that inventive activity was responsive to economic needs⁴; and second, the growth of interest in technological change after World War II was closely connected with the increasing concern over prospects for economic growth in the underdeveloped world.⁵

⁴ Or even to non-economic needs if such needs received sufficient financial support (Rosenberg 1974, p. 90).

⁵ "When economists turned their attention to this range of problems, they brought with them an intellectual apparatus which placed overwhelming emphasis upon the role of saving and the growth in the stock of capital goods as the engine of economic growth. But it soon became clear that long-term economic growth had taken place at rates far beyond what could plausibly be accounted for by mere growth in the supply of conventionally-measured inputs. It became increasingly obvious that economic growth could not be adequately understood in terms of the use of more and more physical inputs, but rather that it had to be understood in terms of learning to use inputs more productively. With this realisation came, of course, a renewed interest in technological change as the source of rising resource productivity." (Rosenberg 1974, p. 90-1)

However, science and technological⁶ progress reveal two other important features of economic analysis. The first is the relationship between the sciences, technology, economic growth and development; and the second is the role that technological progress plays in economic analysis, particularly nowadays.

As to the first feature – namely the impact of technology on the economy – and as pointed out by Pasinetti (1993, p. 36), the widespread phenomenon of individual and social learning, in other words technical progress as a complex social phenomenon, constitutes the *primus movens* of industrial societies.

Considering the role of technological progress in the economic sphere, two important aspects can be identified. One is purely technological and exerts a direct impact on the dynamics of the economic system, for three reasons: (i) it affects the division of labour and the market specialization of each labourer; ii) it has an effect on the variations of labour productivity, generating non-homogeneity and differentiation between sectors and over time, and iii) it facilitates the introduction of new techniques, new goods and services, and also new technical production processes, new materials and new sources of energy. The second aspect is the economic one, insofar as technological progress is associated with economic improvements and the increasing possibilities of consumption. This aspect ties in with the theory of consumer demand, and so with the relation that exists between real income and expansion of demand for consumer goods. But this topic has not much to do with the present analysis; let us simply mention that technological improvements may bring

⁶ Sciences and technology are used here indistinctly and as a unity. Sciences are defined as systematic knowledge of the physical world and study and deal with a body of fact or truths. Technology deals with the creation and use of scientific and technical means and facts. Both are branches of knowledge. The terms as interpreted here agree with Dosi's interpretation (1982). Nevertheless, according to Dosi (in Martin & Nightingale 2000, p. 247) there are strong similarities between the nature and the procedures of 'science' — as defined by the modern epistemology — and those of 'technology': "Economic theory usually represents *technology* as a given set of factors in combination, defined (qualitatively and quantitatively) in relation to certain outputs. Technical progress is generally defined in terms of a moving production possibilities curve, and/or in terms of increasing the number of producible goods. The definition we suggest here is, on the contrary, much broader. Let us define technology as a set of pieces of knowledge, both directly 'practical' (related to concrete problems and devices) and 'theoretical' (but practically applicable although not necessarily already applied), know-how, methods, procedures, experience of successes and failures and also, of course physical devices embody — so to speak — the achievements in the development of a technology in a defined problem-solving activity. At the same time, a 'disembodied' part of the technology consists of particular expertise, experience of past attempts and past technological solutions, together with the knowledge and the achievements of the 'state of the art'. Technology, in this view, includes the 'perception' of a limited set of possible technological alternatives and of notional future developments. This definition of technology is very impressionistic, but it seems useful to explore the patterns of technological change. One can see that the conceptual distance between this definition and the attributes of 'science' — as suggested by modern epistemology — is not so great." (Dosi in Martin & Nightingale 2000, p. 250-1)

about changes in production, and therefore in decisions regarding demand for goods and services (Pasinetti 1993, p. 37).

The importance of technological change for the economy is synthesized in a question by Rosenberg (1974, p. 92) — who quoted from the opening sentence of Schomookler's work (1966): *What laws govern the growth of man's mastery over nature?* The building blocks for answering this comprehensive question, are the clues to understand the correlation over time between technology and economy, and suggested two simpler questions such as:⁷ how to explain the variations of the inventive activity in any particular industry over time, and how to explain different rates of inventive activity between industries at a given moment of time.

The importance of science and technology for the economy appears altogether evident even if one looks at today's world and leaves details or deep analysis aside. The number of new industries and new ways of looking at the economy reaffirm the importance of technology for the economy (as well for economic theory). Contemporary global economy, however controversial, goes beyond 'goods and services production and distribution', enclosing new phenomena such as the production and distribution of information and of knowledge.⁸ The flow of new scientific ideas, inventions and innovation, the emergence of new special scientific fields, and in particular the professional categorisation of these activities (known as 'Research and Experimental Development network – R&D') have been perhaps the most important social and economic changes in twentieth-century industry (Freeman and Soete 1997, p. 5).⁹ These knowledge industries and the information society that emerged in recent decades set particular patterns for structural analysis. It seems fairly obvious that the diffusion of a set of technical and organizational innovations through the economy must cause profound changes in the economic structure.

The present research deals mainly with the structural dynamic of economic systems, but the present Part III is concerned with the innovation of 'Information and Communication Technologies-ICT'. The ICT paradigm arises from the R&D system,

⁷ These two questions are based on the quantitative aspects of economic growth.

⁸ Some of these new Socio-economic models — such the Network Society, the New economy, the Information Age — are discussed in Section 14.2.2.3.

⁹ About R&D see also Freeman and Soete (1997, pp. 103-4, 299-301, 373-95).

and more precisely concerns two particular cases covered by it: computers and the Internet. These two ‘cases’ are still unfolding; they are in a relatively early stage of their history, but are quite representative and therefore useful to describe *how* technological changes could determine new features in the evolution of economic activities and social organization — and thus its importance for the economy. Indeed, Martin and Nightingale (2000, p. xvii) referred to the 1980s and in a broader context wrote:

In the wider economy, the importance of technical change could be seen in: increased environmental concern; Japan’s rise as an economic superpower; the growth of certain East and South East Asia economies; technology-base trade deficit; the growth of IT-based firms; increases in the international trade of R&D-intensive products; the diffusion of personal computers the increasing importance of software, and the rise of high-tech service industries. The increasing importance of these issues to mainstream economics coincided with concern about how well existing theoretical frameworks could explain the features of technical change across sectors, firms and countries and did not fit the assumption that all firms, sectors and countries were similar. (Martin & Nightingale 2000, p. xvii)

Regarding to the second above-mentioned feature — economic theory —, one might claim, in a sense, that economists had largely ignored invention and innovation as an essential condition of economic progress and as a critical variable of competition (for enterprises and as well for nations). However, classical economists did in fact recognize the central importance of technological innovation for economic progress; and quite a few examples in the economic literature can be pointed out, beginning with Smith’s acknowledgment of skills, dexterity and judgment applied by labour as a cause of the wealth of nations. Another example is Ricardo’s reminder about the need to boost technical progress to face limited resources availability when labour quantity remains the same. Likewise, Marx’s distinction of social classes and analysis of capitalism are another illustration of the role of social and technological relations in production activities. Several later economists, instead, were constrained by a certain system of thought that considered the technological factor to be outside the framework of their economic model (although these *ceteris paribus* models are useful for certain purposes). Nevertheless, particular cases such as Schumpeter’s always stressed the crucial role of entrepreneurship and technology innovations for economy progress. Rosenberg (1974, p. 90) remarks about this:

Not too many years ago most economists were content to treat the process of technological change as an exogenous variable. Technological change — and the underlying body of growing scientific knowledge upon which it drew — was regarded as moving along according to certain internal processes or laws of its own, in any case independently of economic forces.

Intermittently, technological changes were introduced and adopted in economic activity, at which point the economic *consequences* of inventive activity were regarded as interesting and important — both for the contribution to long-term economic growth and to short-term cyclical instability. Schumpeter, for example, saw the engine of capitalist development as residing in this innovative process in the long run, and at the same time he developed a business cycle theory which centred upon the manner in which the capitalist economy absorbs and digests its innovations. In Schumpeter's model, exogenous technological changes stimulated investment expenditures, the variations of which, in turn, generated cyclical instability. (Rosenberg 1974, p. 90).

But also Schumpeter's contemporaries have recognized the potential of technological progress as source of economic growth, as for example Kuznets.¹⁰ Indeed, Kuznets (1972, 1973) sketched the major characteristics of modern economic growth (including empirical implications of the study) and recognized that a high rate of growth is sustained by the interplay between mass applications of technological innovations based on additions to the stock of knowledge. In particular, Kuznets (1972, p. 431) discussion on technological innovations — as 'a major permissive factor in modern economic growth' — involved also institutional and ideological changes, and a classification¹¹ of technological innovations, as follows: *cost-reducing and demand-creating, consumer goods and production inputs, and differences in magnitude* (Kuznets 1972, pp. 432-9). He also classified the adjustments of these classes of technological innovations according to their contributions to increase volume and change the structure of final consumption — the latter taken as the simplest and least equivocal index of the positive aspect of economic growth — as follows: *complementary adjustments, dislocation effects, and depletion and enrichment of environment* (Kuznets 1972, pp. 439-49). And moreover, Kuznets (1973, p. 257-8) stressed the problem of cycles and new findings or innovations, and noted that conventional measures of national product and its components do not reflect many costs of adjustment in the economic and social structure for the channelling of major technological innovations (and, indeed, also omit some positive returns).¹²

The source of technological progress, the particular production sectors that it affected most and the pace at which it and economic growth advanced, differed over centuries and among regions of the world; and so did the institutional and ideological adjustments in their interplay with the technological changes introduced into and diffused through the growing economies. The major breakthroughs in the advance of human knowledge, those that constituted dominant sources of

¹⁰ As already discussed in Section 3.4.

¹¹ But not tested by applications to empirical evidence (Kuznets 1972, p. 432).

¹² The relationship between Kuznets (1972, 1973) arguments about innovations and economic change, which are the interest in present research, are remarkable. Including also Kuznets works (1930a, 1930b) about economic dynamics and business cycle theory; albeit an analysis of this relation is outside the limits of this research.

sustained growth over long periods and spread to a substantial part of the world, may be termed epochal innovations. And the changing course of economic history can perhaps be subdivided into economic epochs, each identified by the epochal innovation with the distinctive characteristics of growth that it generated. (Kuznets 1972, p. 247)

It is appealing that the interest in innovation for economic theory is more or less compatible with the course of interest on structural dynamic analysis. As pointed out in Part I, in the Classical school and then after Keynes (post war period), the focus of economic theory shifted to macroeconomic problems, economic growth, economic development and income distribution. The in-between period was concentrated on microeconomic problems, and technology was generally considered merely as an ‘exogenous variable’. However, Schumpeter, who lived through this period, was one of the most prominent economists who transferred his attention to the economic relevance of those unpredictable breaks with the past that are caused by innovations. Therefore, bearing in mind the focus of the two macroeconomic-interest periods, the importance of sciences and technology in economic theory seems clear since the influence on both technological and growth performance is enduring in the reality of industrial economic systems. But the real and explicit interest in, and recognition of, the importance of sciences and technology in economic models and policy design became popular only during the 1960s, and flared up again in the late 1980s (until our days), when it became crucial for economic theory and policy debate (Freeman & Soete 1997, p. 292).

The increasing economic importance of science and technology required the development of various intellectual tools needed to understand innovation. For example, Martin and Nightingale (2000) contributed in this regard by means of their work about *the political economy of science, technology and innovation*, in which a collection of works and the fields related with the economy of science, technology and innovation that have been evolving over time is provided. The post-war history of economics was mainly concerned with issues of economic growth, so the important role played by technology in historical productivity improvements was recognized (Martin and Nightingale 2000, p. xiv). During the periods of the 1950s and the 1960s, Solow (1956, 1957) formulated a growth model, by treating technology as a residual variable. Freeman and Soete (1997, pp. 323-9) outlined the differences in relation to the analytical framework — by dividing them as ‘old’ and ‘new’ models — used by

various economists in their approaches to the problems of technological change and economic growth.¹³ During the 1970s interest was focused on the nature of innovation and the relationship between science and technology; uncertainty and institutional diversity. In the 1980s innovation within firms and other organizations led in the 1990s to a constant development of the economic understanding of science. In particular, the 1980s were characterized by the increasing importance of technical change to the economy and widespread concern that many characteristics of technical change remained poorly understood theoretically. Nelson and Winter's work catalyzed two streams of interacting research: one, which attempted to model innovations, taking into account uncertainty and diversity, growing as the field of evolutionary economics (See Section 13.1); and two, the research that began to empirically explore the institutional causes of uncertainty and diversity¹⁴ (Martin & Nightingale 2000, pp. *xiv*, *xvii-xviii*).

In addition, the meaning of technology in economic theory is also related to further researches that could and have been undertaken, in particular, those on technological change and economic growth. Rosenberg (1974, pp. 91, 106-8), for example, pointed out some fields of technology-related economic inquiry.

The growing interest in the role of technological change as a contributor to economic growth led to a considerable amount of empirical research on technological change, particularly in two areas: (1) attempting to quantify the contribution of technological change to growth in long-term resource productivity; and (2) attempting to study the rate at which new inventions, once made, were diffused throughout the economy, since clearly inventions exert an impact upon resource productivity only to the extent that they are actually adopted in the productive process. (Rosenberg 1974, p. 91)

But most generally, there is an awareness of the interaction between the sociological and technological features, because social factors settle on the adoption or success of a technological innovation. There is a social involvement in processes of technological innovation, and surveying the development of technology over time this can be evaluated in terms of social need, social resources, cultural-basis, and other such factors.

¹³ Freeman and Soete (1997, p. 323) included the Solow model (1957, 1956) and defined it as an 'old' neoclassical growth model.

¹⁴ For example, the difficulties about treating technical change as an information allocation problem, the understanding of the role of non-market institutions in economic growth, user feedback in the innovation process, dependency relation between the innovative performance at a company and national level and the flows of technology from other industries, etc. (Martin & Nightingale 2000, p. *xviii*).

Implicitly, societies — and their economies — must be prepared to allow a technological innovation to take place. Thus, society must be able to allocate resources to a technological innovation. Rosenberg (1974, pp. 91-5) — analyzing Schmoolker's book (1966) — attempted to demonstrate that growing technological sophistication lies on the demand side and as well on the supply side.¹⁵ Some empirical studies have demonstrated that demand-side-considerations are the major determinants of variations in the allocation of inventive efforts to specific industries. But other studies suggest that at least some of the initiative in the changing patterns of inventive activity lies on the supply side. For example, in modern societies needs have been generated by advertising and thus the source of social needs comes from the supply side. The role of sciences and technology in influencing the direction of inventive activity also applies to the supply side of innovation processes. The source of a need, therefore, could be a social need recognized by the industry, which allocated the inventive efforts (demand side); or could be that science and technology — and the industry — shape the direction of innovation process (supply side). So, there is not just a one-way influence of technology on society (and economy)¹⁶, whichever the source of a need (demand side or supply side), when it is a social — and a market — acknowledgement of a need, technology provides to the society — and a market — new products or services. But even more, there is not just a two-way single dimension; it can be a multi-dimensional process, in which a sequential and parallel process takes place from the demand side and from the supply one. An illustrative example is the military industry, because military and war needs have provided a stimulus to technological innovations, and afterward these innovations have become ideas for mass consumer products.¹⁷ In other words, initially military needs play a promotional role for innovations, thus they come from the demand side. Scientific community and military individuals (and institutions) have been involved in the production of military technologies, but after the immediate military demand, the production of these technologies is shifted to industry and markets (also, in the form

¹⁵ According to Rosenberg (1974, p. 93), Schmookler (1966) attempted to incorporate inventive into an economic framework, but within that framework he attached overwhelming importance to demand forces, and regarded supply side considerations as relatively subordinate and passive.

¹⁶ Also there is not a just one-way influence of science on technology. Nevertheless, and according to Dosi (in Martin & Nightingale 2000, p. 247), there are strong similarities between the nature and the procedures of science — as defined by the modern epistemology — and those of technology.

¹⁷ Examples in Chapter 14 — Computers and the Internet — illustrate very properly the innovating promotional role of military industry and the subsequent industrial mass production and consumption.

of new products), thus the innovative effort at the industry level might be considered from the supply side.¹⁸

Furthermore, the subordination between (i) the society — and the economy — and sciences and technology, and (ii) demand and supply side considerations, play a fundamental role in economic theory. Thus, reflections about how innovations take place permit us to understand the directions of technological growth and economic growth; then, emphasis upon demand or supply side permits us to understand the directions of inventive activity and the economic forces. Rosenberg (1974, pp. 93-4), analyzing Schomoolker's argument writes that if demand side forces are primary, then sciences and technology have a secondary role in influencing inventive capacity, so that:

[...] economists need not to pay too much attention to the internal histories and structures of the sciences and technologies in order to understand the direction of inventive activity. [...] then science and technology have not functioned as major independent forces in shaping the timing and the direction of the inventive process. If economic forces can so powerfully shape not only technology, but science as well, in the achievement of its own ends, then these subjects retain little interest for the economist or economic historian. (Rosenberg 1974, p. 94-5)

But if not, then it is necessary to carefully examine the manner in which the state of knowledge and the social conditions (social resources and cultural-basis) at any time shape the possibility for economic change through the innovation process. Nevertheless and again, this is not just one-way; instead there is dependent importance of demand and supply sides. This interdependency can be identified uniquely by considering that the innovative process is constrained and materially shaped, and as a result, the inventions have a cost. Therefore, even considering the innovation process independent of social and economic needs, an economic analysis of inventive activity is required.

The success of an innovation depends also on the availability of social resources. New ideas or inventions need resources for their realization (capital,

¹⁸ A deep analysis about the multi-dimensionality of innovative forces is outside the limits of the present research. Although, here it is recognized that innovation processes refer to demand and/or supply sides, because demand and supply are considered as primary determinants to shift innovations. Indeed, the 'pusher-process' and 'puller-process' of technical change is here proposed as a further enquiry — thus, innovation 'push' is considered when the supply side is discussed, and 'pull' when the demand side is discussed.

materials, and skilled personnel), therefore, a society needs to possess suitable resources in order to sustain technological innovations. Over history, there has been a delay between the idea and its implementation — thus there has been a delay between innovative activity and the availability of resources —; Rosenberg (1974) has written about this, using as an example first computers or calculators:

A large part of the economic history of the past 200 years is, in fact, the story of an enormous outward shift in industrial man's capacity to solve certain kinds of production problems. This growing capacity has been fitful and highly selective. For most of the nineteenth century it involved the exploitation of new power sources and an increasing mastery over the use of large masses of cheap metal (iron, and later, steel). These techniques became available with no fundamental accretions to basic knowledge. They nevertheless were developed slowly because it took time to develop and then to diffuse new techniques in the precision working of metals and to devise the innumerable small improvements and adaptations which were often required enabling them to operate successfully. There is always a gap, moreover, between the ability to conceptualise a mechanism or technique and the capacity to bring it into effect. [...] Charles Babbage had conceived of the main features of the modern calculator over a century ago, and had incorporated these features in his "analytical engine," a project which was even favoured with a large subsidy from the British Exchequer. Babbage's failure to complete this ingenious scheme was due to the inability of the technology of his day to deliver the components which were essential to the machine's success. (Rosenberg 1974, pp. 104-5)

The social-basis denotes the inventions-receptive — or not — environment; it denotes the sympathetic social settings (*ethos*). The receptivity is what promotes new ideas or inventions to become innovations. This is analogous to the Schumpeter (1947, p. 151) distinction between entrepreneurs and capitalists: the entrepreneur function is facilitated by the ownership of the means of the capitalist.¹⁹ The existence of capitalists (or socially important groups) willing to encourage new ideas (or inventors) has been a key factor in the history of technology.

Related to this aspect, a controversial discussion about the interpretations of 'cause-effect' process (determinants and directions) of technological change has emerged. For example, Misa (1988), who considered that the technological social-impact is socially constructed and is a product of historians and those enthusiastic advocates of 'technological determinism'.²⁰ More precisely, Misa (1988) discussed the historians (and others) who adopted 'macro' perspectives allowing technology a causal role in historical change, thus those who 'deploy the machine to make history'

¹⁹ A further distinction between enterprise and management is that: it is one thing to set up a concern embodying a new idea and another thing to head the administration of a going concern, however much the two shade off into each other (Schumpeter 1947, p. 151).

²⁰ Misa (1988, p. 309) distinguishes two versions of technological determinism: (1) that technological change determines social change, and (2) that technological development is autonomous or independent of social influences.

(Misa 1988, p. 308). According to Misa (1988, p. 309) this causal role for machines is not present and it is not possible in studies that adopted ‘micro’ perspectives.²¹

Two patterns emerge from the qualitative analysis. Disciplinary traditions in the proper unit of analysis, from the extreme ‘macro’ perspective of philosophers or technology to the determined ‘micro’ perspective of labor historians, correlate with disciplinary traditions of affirming or denying technological determinism. [...] Similarly, within each discipline, the authors affirming some version of technological determinism adopt a ‘macro’ perspective, whereas those denying technological determination adopt a ‘micro’ perspective. (Misa 1988, p. 309)

[...] historians writing large-scale or deterministic accounts deploy the Machine to structure social change, while as soon as the historical microscope is unveiled, the Machine as such dissolves. (Misa 1988, p. 320)

This controversial issue, in an economic context, has been discussed by Dosi (1982). The nature of this relationship —thus, relationship between economic growth and change, on one hand, and technical progress on the other —, is concerned about the theoretical problem of the direction of causal relationship.²² Dosi (in Martin & Nightingale 1982, pp. 247-50) reviewed and interpreted the theories of technical change, not only considering two basic approaches already mentioned in the paragraphs above (*demand-pull* theories and *technology-push* theories), but also considering scientific and technological paradigms (Dosi in Martin & Nightingale 1982, pp. 251-6).

However, more than the direction or causality, what is important here is that the influence of technological change is important for the economy and in economics. It is important that, on one hand, over time innovations have been sources of the dynamism of capitalistic economies; and on the other, the history of technology is not only about man’s mastery but is also about social platforms, thus the pre and post conditions of society (and the economy) have been fundamental factors to understand technological advance, technological transition, economic growth and capitalism.

²¹ This kind of discussion is related to the bottom-up and top-down analysis required to understand the complexity and dynamics of certain systems as socio-economical ones. See Section 8.3.2.

²² A preceding and an important work on this concern between economics and technical progress has been the Sylos-Labini (1962) one. In this work had been presented the market form — oligopoly — of the technical progress, in particular that economic progress has led to concentration in many important industries. In particular were presented the general aspects of theoretical problem of oligopoly (including an analysis of parameters) and the mechanism of competition and the distribution of the fruits of technical progress. See Sylos-Labini (1962).

In any case, the importance of technology-related subjects for economics becomes clear by just considering the essentials of economic theory, that is, focusing on its scientific concerns in relation to production and consumption — and the related problem of scarcity —, so that the subject of technology becomes an obvious matter of concern for productivity analysis. The reason for this is that the factors of production, but in particular the capital, are limited by the state of technology. But moreover, any other fundamental definition for economic theory is related to technology, just as the basic problem of scarcity is. Considering that human wants are potentially unlimited, whereas the resources available to satisfy these wants are limited, technology matters turn out to be a socio-economic fundamental issue of concern. Economic studies as to how resources and products are made and distributed go into behaviors, production and consumption potentialities, and so on. However, the essential theory of economics has as a central concern the problem of scarcity, and from this problem stem all the other economic problems, and these should be looked from a technology-view, in which technology limits or expands resources. So — in a perfectly simple way —, one might say that the above is the reason why technology is important for the economy.

Tautologically, economics is about economy, and the economy involves human wants and human activities related to the production, distribution, exchange, and consumption of goods and services, social organization (which include states, governments, politics, etc.), choices and decisions, and so forth. And, technology deals — as a branch of knowledge — with the creation and use of technical means and their interrelation with life, society, the environment, drawing upon such subjects as applied science and pure science. There is no doubt that in the so called post-war era and now in the post-modern society, that much importance must be put on considering *what* economy is about and *what* it is related to. We must come to comprehend more fully *what* economics-concern is about, as well as the relation and importance of technology (and sciences) to economics and for the economy.

In the same way that it is clear that the importance of technology in economics and for economy is closely related, it is also clear that technology is closely related to economic matters and to the economy — activities organization and dynamics. It is clear and immediately recognizable that technology is concerned with consumption

and production, with potential demand and supply, with specialization, with distribution, with choices and decisions, with opportunities, with employment, with costs, with benefits, with efficiency, with inequality, with pollution, with policies, with recession, with cyclical instability, and with growth. Hence, technology is related with almost every economic issue and with economics at any of its traditional division branches or levels — micro and macro.

13. APPROACHES FOR STRUCTURAL ANALYSIS

The above arguments, in particular those presented in Part I, have shown the process by which economic structure is identified and the attention to certain causal mechanism than to others. According with the approach (as the economic school of thought) used and the identification of structure, method of dynamic economic were adopted (See Chapters 2 and 3). Indeed, as pointed out by Baranzini and Scazzieri (1990, p. 276), in the field of economic inquiry, structural analysis reduces the arbitrariness of description, in which structural specification is fundamental because different descriptions of a given economic system correspond to the identification of what may be conceived as alternative ways of identifying the economic system under consideration. For this reason, in the Part I, were reviewed some important definition of structure (including those from the sociological field). But also were reviewed some important economic models distinguishing between circular, horizontal and vertical descriptions of economic structure. In the next two sections have been examined other two methods of socio-economic dynamic analysis such are evolutionary economics and economic cycles. These methods permit to describe the dynamic phenomena and are used analyzed economic transformations under circumstances of technological change.

Theoretically, and as argued in Part II, the structure of a system is defined by the system's hypotheses; and a system could have as many models as structural hypotheses. But the complexity that characterizes the human related systems makes it difficult to understand their dynamics and therefore to model them. The evolutionary approach, as framework for interpreting the history of an economic system, permits to understand changing patterns in the relationships between entities (structural changes). Indeed in a historical framework, two concrete examples of technological innovation were analyzed in Chapter 14, with focus on the emergence of structures over time using technological change as a primary cause. The long waves are useful to represent the evolution of economic life, even if they are not used here as a method for the study of structural change. In particular, using long waves to validate a theory of systems that includes the representation of structural change is difficult and

controversial. However, the pattern of a cycle is quite a compelling image in thinking of system's breaks along time, for example as a result of innovation, and contributes to an awareness of the structural changing nature of economic systems.

13.1. Evolutionary economics

From the beginning, economics has always had the problem of *how* to approach its main concerns. The understanding of the topics with which economics is indeed related has been approached variously — from the classical school to modern economic analysis. Market dynamics, and in general most treatises which deal with the trends of modern capitalism can be grouped and analyzed under theories in which the accuracy of any particular theory depends on the achievement of the given conditions and on the relevancy of formulations. Equilibrium conditions and mathematical formulation may be said to comprise the standard approaches which the discipline of economics has taken to determine the accuracy of its proposed theories.

The guiding questions in respect to the analysis of modern economics are concerned with (i) economic coordination and policy, (ii) production — competition, prices, allocation of resources, etc. — and (iii) economic growth and development. The third question considers the processes that drive economic progress, which, according to Nelson and Winter (2002, p. 24), are evolutionary topics. The processes of development — as well as processes related to economic growth driven by technological change — may take what is defined as an evolutionary orientation.²³

Analogous, but previous to the above-mentioned is the work of Bertalanffy (1950, pp. 136-37) in regard to the isomorphism in the principles that govern different phenomena ('isomorphic laws in science'), economics has focused its attention on theories which treat the economic system according to equilibrium conditions, which

²³ Evolution was conceived as a process at work in the economic realm, and it was observed in the 18th century by the likes of Voltaire, Vico, Montesquieu, Adam Smith, and David Hume. Then, during the 19th and 20th centuries, Darwin and his followers applied it to the natural realm. Since then it has spread to such contemporary domains as evolutionary psychology, evolutionary politics, evolutionary computation and evolutionary economics. But Schumpeter's thought on evolutionary nature is not based on Darwinism (or a biological metaphor), instead it is based on the economy conceived as an organic whole and on the non-mechanistic and historical view of capitalism (Freeman & Louça 2001, pp. 49-50).

have been termed neoclassical economic theories.²⁴ This focus applied to economic systems results in attempts of sophistication and mathematization of core economic areas. But when such sophistications are deployed mainstream of neoclassical lose relevance. One of the lost aspects of neoclassic analysis is the bounded rationality that characterizes economic and, in general, social systems.²⁵

As a rule, in economics and in other sciences, general system laws exist which can be applied to any system of a given type, regardless of the properties or elements involved in the system. There is, as defined by Bertalanffy (1950, p. 138), a 'structural correspondence' (or 'logical homology') of systems even if the entities with which they are concerned have a completely different nature — in other words, general formal principles are applied with special laws if the conditions of the systems correspond to the phenomena under consideration. Since general system principles are applicable to all sciences concerning the systems, they can be applied to the mainstream of economic theory. The result of this kind of procedure is to convert into exact sciences any science, such as the social sciences, reducing all to physics and chemistry, which are the sciences that have been acknowledged universally to operate strictly under the principles of quantitative law. This coincides with the mechanistic view.²⁶ However, in this context, (see Bertalanffy, 1950, p. 140) the higher complexity of social phenomena makes it impossible to reduce the social sciences to physical-chemical terms.²⁷ Even though it is accepted that sciences search for principles that could be applied to the nature of any system, general theories and laws cannot be applied in realms that require understanding of the processes involved. Veblen (1898, p. 377) explained these differences by the attitude taken in respect to the evaluation of facts, either for scientific purposes or merely for interest's sake. Notwithstanding this, usually the modern scientist insists on a scientific answer in terms of cause and effect.²⁸

²⁴ See Nelson and Winter (2002, pp. 25-8) for a brief analysis about the evolutionary processes and neoclassical outcomes. And see Nelson and Winter (1974) for a discussion about neoclassical theories of economic growth compared with an evolutionary growth theory.

²⁵ The term 'bounded rationality' defines a central theme in behavioural economics, the term being coined by Herbert Simon, who analyzed in many of his works themes such as complexity, decision-making, and organizations, as domains. See, Simon (1955, 1965, 1973, 1982, 1986 and 1997).

²⁶ About the methodological views of economics, and the mechanistic one, See Chapter 7.

²⁷ "[...] references are often made to biological or economic 'equilibria'. But it remains somewhat obscure as to what the concept of 'equilibrium' means, if applied outside the fields of physical magnitudes, and so conceptions of this and similar kinds have remained little more than loose, if ingenious, metaphors." (Bertalanffy 1950, p. 140).

²⁸ "He wants to reduce his solution of all problems to terms of the conservation of energy or the persistence of quantity. This is his last recourse. And this last recourse has in our time been made available for the handling of

The bounded rationality²⁹ case illustrates what was mentioned above:

[...] The two main tasks of theorist and historians are, first, the rationalization of whatever one observes as an equilibrium, and secondly, the attribution of rational purposefulness to all actions which led to the present state. The evolutionary view in most respects is the opposite one: it tries to understand the processes which have led to whatever observed phenomenon (with much lower commitments to rationality of the actors involved along the path), and, also with the help of formal tales, attempt counterfactual experiments ('what would have happened if...'). (Dosi 1997, pp. 1543-44)

Economic theory typically considers rationality as undifferentiated, inhering in the actor at a uniformly high level and independent of the specific situation the actor confronts. But most importantly is that this kind of rationality used to build economic theories connotes careful deliberation and attempted foresight³⁰ (Nelson & Winter 2002, p. 29). Instead, in the evolutionary view the key lies in the contrasting demands of different types of situations. High competence is often achievable where skills and routines can be learned and perfected through practice. For individuals and organizations, learning guided by clear short-term feedback can be remarkably powerful, even in addressing complex challenges, but that short-term of learning does little to enable sophisticated foresight. Situations that require logically structured deliberation (or improvisation) of novel action patterns are rarely well handled. Furthermore, competence must always be assessed against the background of historically evolving competitive standards, which change and rise. In similar terms, Nelson and Winter (2002, p. 30) treat organizational competence, the 'organizational routine', as the organizational analogue of individual skill. When rich and relevant information is available to guide actions, organizations often find routine ways of exploiting it. In this sense, evolutionary economics explains how behaviour can be complex and effective by pointing out that it is routinized (Nelson and Winter 2002, p. 30).³¹

schemes of development and theories of a comprehensive process by the notion of cumulative causation. [...] For the earlier natural scientists, as for the classical economists, this ground of cause and effect is not definitive. Their sense of truth and substantiality is not satisfied with a formulation of mechanical sequence. The ultimate term in their systematization of knowledge is a 'natural law'." (Veblen 1898, p. 377-78).

²⁹ Bounded rationality is a core concept of the 'competence puzzle', as defined by Nelson and Winter (2002, p. 29), but also concepts such as learning and routine are closely related with bounded rationality. In particular, routines provide a focal point of a learning-based answer to the 'competence puzzle' (Nelson & Winter 2002, p. 30). Besides, Adam Smith was the first to emphasize 'system learning', pointing out the dichotomy between the beneficial effects on economic efficiency of the division of labour, and the degrading brutality which repetitive and mindless tasks could imply for some groups of workers (Dosi 1988, p. 1133).

³⁰ "Real actors, however, simply do not have the vast computational and cognitive powers that are imputed to them by optimization-based theories. Organizational decision processes, in particular, often display features that seem to defy basic principles of rationality and sometimes border on the bizarre." (Nelson & Winter 2002, p. 29).

³¹ This approach is linked with bottom-up ordering processes in which the aggregate phenomenon is founded on the micro-dynamics of the system. See Section 8.3.

In this aspect, Dosi (1988, pp. 1131-35) analyzed how organizations build knowledge bases, and when discussing the nature of technology and innovative search — complementary to transaction-related factors — suggested that there is a set of factors related to the characteristics of knowledge and problem solving. The heuristics on ‘how to do things’ and ‘how to improve them’ are often embodied in ‘organizational routines’, which, through practice, repetition, and more or less incremental improvements make certain firms ‘good’ at exploring certain technical opportunities and translating them into specific market products. In such matters there is a significant amount of organizational indivisibility, because organizational learning may not be additive in the learning of individuals or groups that compose the organization (Dosi 1988, p. 1133). Therefore, organizational routines are related to technology and innovative activities. Indeed, organizational routines and higher-level procedures to alter the ‘boundaries of the firm’ in response to environmental changes and/or to failures in performance embody a continuous tension between efforts to improve capabilities — of doing ‘existing’ things, monitor ‘existing’ contracts, allocate ‘given’ resources — and develop capabilities — for doing new things or old things in a new way. This tension, however, is complicated by the intrinsically uncertain nature of innovation activities, notwithstanding their increasing institutionalization within business firms (Dosi 1988, p. 1133). Furthermore, the uncertainty associated with innovative activities is much stronger than that with which a familiar economic model deals: it involves not only lack of knowledge of the precise cost and outcomes of different alternatives, but often also lack of knowledge of what the alternatives are (Dosi 1988, p. 1134). Metcalfe (1994) as well pointed out these topics as central to the evolutionary theory, but using different terminology and focusing on a behavioral theory of the firm as a distinctive feature of the evolutionary approach.³² Asymmetries of knowledge and information are fundamental factors in evolutionary economics that, according to Metcalfe (1994, p. 933), is the economics of an imperfect, and from a conventional viewpoint, inefficient world.

³² The adoption of a behavioural theory of the firm is focused on learning processes and adaptive behaviour. Metcalfe (1994) analyzed this issue from a technology policy view. Just as individuals operate under the constraints of localized, imperfect and uncertain information, so does the policy maker who must also contend with the limits set down by higher political authority. Options are constrained administratively and politically, policy makers operate with multiple objectives, and one cannot expect the policies which emerge to be independent of the processes by which they are formed (Metcalfe 1998, p. 933).

At this point it becomes necessary to render explicit the purpose of the present section which is to suggest the evolutionary approach as an alternative to the study of economics of structural change, but in particular because this approach has been concerned with the analysis of technical change. Indeed, Nelson and Winter (2002, p. 37) pointed out that one of the strands of research that evolutionary economic theory strongly influenced has been technological performance — such as innovation processes — and economic growth.³³ However, this suggestion does not clearly imply that other approaches cannot be adequate for the analysis of the economics of structural change. In order to understand the link between technological innovation and evolution, it is only necessary to summarize some of the important works on evolutionary theories in economics. Many important works — by many other important economists, historians and other social and natural scientists — other than those cited here, could be considered as predecessors of evolutionary economics. A few of them are quoted here (without implying the importance of their works), but the significance of some essential works, in particular those of Marx and Schumpeter, is recognized.³⁴ From the significance of their contributions many corollaries have been derived in the fields that compose the present state of evolutionary research and theory.³⁵ Therefore, if considering the available references and analysis as already quoted, for the purpose of this section it does not seem mandatory to elaborate them afresh. Additionally, this summary of theories led to the recognition (in the examples of Chapter 14) of some of the evolutionary mechanisms of economic and social change.

The proposition that technological advance proceeds through an evolutionary process seems to have been proposed or rediscovered independently by several scholars in several different disciplines, but in particular around the economic field in

³³ The other strand of research of evolutionary economic theory is the understanding of the behaviour of business firms, and their capabilities and limits, in an environment of change (Nelson & Winter 2002, p. 37).

³⁴ Brief references to Marx and Schumpeter are presented in Chapter 3. Nevertheless their importance in evolutionary theories is inherent to their main ideas, as for example the stages of historical development in Marx's theories and creative response in Schumpeter.

³⁵ For example, about the creative response — creative destruction — a Schumpeterian idea, the process of industrial transformation that accompanies technological changes, is developed under the evolutionary economics approach by Metcalfe (1998). This work is about ideas such as: (i) the economic world changes because of the variety contained within it, that innovation, of whatever kind, is the driving force in historical change; (ii) that innovation-driven economic processes are open-ended with the economy never in equilibrium — or even close to equilibrium — and the outcomes are to be discovered, not presumed in advance of the event; and (iii) there are no markets and contractual relationships alone, but markets and contracts in conjunction with the vast diversity of innovation outcomes in technologies, organizations, behaviors and institutions that constitutes the *paradox* of capitalism.

economic progress related topics.³⁶ Economic progress and technological change are topics that have returned to the center of attention, and an evolutionary theory seems to be a natural approach to them. Nelson and Winter (1973) developed a theory of the firm, the sector and the evolution of economic capabilities that deals with technological change and is consistent both with detailed historical analysis and with the observed patterns in aggregate data (variety of types of data at all levels of aggregation). Moreover, at some degree, the returns of evolutionary arguments results from new analytical tools that permit evolutionary theories to be expressed with the rigor that economists have come to require (Nelson & Winter, p. 24). As quoted in Section 8.1, the use of computer-based methodologies has helped to systematize the analysis of evolutionary processes, allowing the modelling and simulation of dynamic systems and to create frameworks of transmission and variety-creation processes.³⁷

Dosi (1988) discussed a selected group of innovation-related literature, mostly empirical contributions, focused on the microeconomic nature of innovative activities and the effects of innovation upon techniques of production, product characteristics, and patterns of change of industrial structures. This work identified the main characteristics of innovation processes, the factor that conduces to innovation (new processes of production and new products) and the processes that determine the selection of particular innovations, but what is important here is that Dosi (1988, pp. 1157-1163) identified some of the effects of those processes on industrial structures — patterns of industrial change. Nevertheless, several other works about technological and economic change have been made mostly over the past two decades in the last century — many of them were reviewed by Dosi (1998). One of these works is Metcalfe's (1994) work in which the economics of technology is explored from an evolutionary perspective and, like any other evolutionary subject, the main concern is about the mechanisms of economic change, in this case with relation to the development of new technologies and patterns of organization, and their spread into the wider economic system (Metcalfe 1998, p. 931). Two points are of critical

³⁶ This change is partly the result of a growing awareness that standard neoclassical theory cannot deal adequately with the disequilibrium dynamics involved in the kind of competition one observes in industries like computers or pharmaceuticals or, more broadly, with the processes of economic growth driven by technological change (Nelson & Winter 2002, p. 24).

³⁷ In evolutionary models it is possible to specify certain clauses (as the space in which innovative search takes place), but the predictability is limited. The predictable aspect of economic change may be seen as a result of the bounded rationality leading to localized search in the space of technological (or markets) alternatives.

importance: first, innovation activities of firms which involve a wide range of other institutions supplying the knowledge and skills that underpin the efforts of individual firms; and second, the inseparability of innovation and diffusion — with the feedback from diffusion being one of the critical elements shaping how a technology is developed (Metcalf 1994, p. 931). This economics of technology has mostly focused its attention on the macroeconomic nature of innovation processes, and in this context another aspect about evolution becomes of critical importance: the idea of equilibrium — in a evolutionary world in which technology policies must be defined in a proper domain (Metcalf 1994, p. 941). Equilibrium must be carefully interpreted, economic systems must be co-ordinate if they are to function and the manner of co-ordination is as important to the evolutionary perspective in economics as it is in any other. But co-ordination is not equilibrium in a broader sense—the absence of any internal tendency to change. Indeed, the incessant tendency to redefine itself from within is without question a central feature of modern capitalism (Metcalf 1994, p. 935).³⁸

Once again, evolutionary ideas have been aimed at the understanding of the processes in relation to technological change, thus they focus on technological production and diffusion (or knowledge production and diffusion) and their economic impact. A growing number of studies inspired by evolutionary ideas have analyzed these topics, searching for path-dependence and selection process. The ‘history matter’ and how the passage from one system state to another occurs, are the two basic ideas in path-dependence. History determines the dynamics of economic — and social — processes, and the passage of a state to a second one depends on the previous path (with the given adjunct stressing that the outcome of a path-dependent process is not predictable).³⁹ Evolutionary interpretation of technical change (and mostly economic dynamics) has one of its building blocks in selection processes — whether it this is done by markets or by other institutional arrangements (such as government military agencies). The selection processes allude to the Darwinian theory

³⁸ “This is one reason why the evolutionary economics tradition pays more than lip service to the work of Schumpeter, who with his concept of creative destruction, encapsulated perfectly the inherent restlessness of a capitalist economy (Schumpeter, 1943). In turn this restlessness is clearly connected with the accumulation of knowledge and its application to new circumstances in search of profit opportunity. Necessarily this involves the asymmetric distribution of information, for, to paraphrase G. B. Richardson (1960); a profit opportunity available on equal terms to everybody is in fact an opportunity available to nobody.” (Metcalf 1994, p. 935)

³⁹ “There is, however, the tricky methodological issue of ‘how do you recognize path-dependency when you see it?’ After all, we just observe one sample path, since we can only see the one history that actually occurred. And, of course, in order to know whether the occurrence of what you see now is path-dependent or not one ought to be able to ‘re-run history’ repeatedly — which is very rarely the case in affairs.” (Dosi 1997, p. 1543)

of evolution as a cumulative process of contingent incremental change, via selection for functional, adaptive properties.

Other important issues concerning the evolutionary view of technological change are its ‘sources’ and ‘drivers’, and Dosi (1997, p. 1532) distinguishes the four features that permit the analysis of these ‘sources’ and ‘drivers’ of technological change.⁴⁰

In order to assess better what one has found so far ‘inside the blackbox’ of technological change, it is useful to distinguish between four (albeit interrelated) objects of analysis, namely, first, (the changes in) innovative *opportunities* (strictly speaking, the ‘sources’ of technical change pertain to this domain); secondly, the *incentives* to exploit those opportunities themselves; thirdly, the *capabilities* of the agents to achieve whatever they try to do, conditional on their perceptions of both opportunities and incentives, and fourthly, the *organizational* arrangements and mechanisms through which technological advances are searched for and implemented. (Dosi 1997, p. 1532)

The four features above described could be clearly recognized on the history-related, technology-related and economic-related descriptions in the examples of Chapter 14. Briefly, in both computer and Internet examples the opportunities and incentives could be appreciated reviewing their histories and in particular reviewing the market ‘fitness’ — accompanied by the market conditions such as prices and the search of new development in product techniques — and the knowledge-state. The capabilities are given by the ability of the agents to recognize and exploit knowledge-state into those market conditions, but particularly in the case of Internet, this is clearly closely related to organizational arrangements (See Chapter 14). Moreover, Dosi (1998, pp. 1140-42) has analyzed the driving forces of technical changes according to evolutionary theories, also including the conceptualization of technology and technology change based on a ‘paradigm’ view. In the same work, Dosi (1998, pp. 1159-1163) reviewed the characteristics of innovation and patterns of industrial change and observed that changes in industrial structures and dynamics of industrial performance are the outcome of (i) innovative learning by single firms — with the contributions of other institutions that in the case of the examples in Chapter 14 have

⁴⁰ Rosenberg (1982) used the term of ‘black box’ referring to those kind of analyses in which the primary factors of production, capital, and labor are somehow transformed into a flow of final output and display a wealth of information on the sectoral flow of intermediate inputs. Many empirical studies adopt a ‘black box’ explanation of the innovation process: *inputs in, innovation out* (Rosenberg 1982, p. 233). But opening the ‘black box’ makes it possible to study the process of technological change by examining changing intermediate input requirements. Yet the ‘black box’ analysis limits its validity to the notion that the market transmits clear and readily recognized signals for innovations (Rosenberg 1982, p. 234).

been government agencies and universities; (ii) diffusion of innovation knowledge and innovative products and processes — in which the ‘hobbyist’ PCs, in the case of computer, could be considered as a beginning; and (iii) selection among firms — recognize, also in the PC example, IBM’s market success. However, this variety in the patterns of industrial change is explained by different combinations of selection, learning and diffusion mechanisms (Dosi 1998, p. 1159)⁴¹, and is also distinguishable in the examples of Chapter 14.

Besides, and in broad terms, the evolutionary perspective is concerned with structural change in general. The conception of evolutionary processes suggests a modelling strategy that could be used to understand structural change. Evolutionary perspective can be easily accommodated to represent economic change including the effects and patterns of technical change, and according to Dosi (1998, p. 1531) the maximal form of an evolutionary theory of economic change is given by the major methodological blocks of the evolutionary theory.⁴² These major methodological blocks are:⁴³

1. The methodological imperative of evolutionary theories is *dynamics first*.
2. *Theories are explicitly micro founded*.
3. Agents have at best an *imperfect understanding* of the environment in which they live.
4. Imperfect understanding and imperfect — path-dependent — learning entails persistent *heterogeneity* among agents, even when facing identical information and identical notional opportunities.

⁴¹ Here again the nature of technological paradigms have a central role in the analysis (Dosi 1998, p. 1154).

⁴² Dosi (1998, p. 1531) considered the major building blocks of an evolutionary theory, in which the models and empirical analysis of the seminal work — Nelson and Winter (1982), the evolutionary theories of Coriat and Dosi (1995), Dosi and Nelson (1994), Silverberg and Verspagen (1995), and others — share only a subset of these features.

⁴³ From a strategic management view, Pisano, Teece and Shuen (1997) presented a framework to analyze the sources and methods to achieve and sustain competitive advantage in dynamic environments with rapid technological change. Furthermore, this work analyzed the strategic conflict approach between Porter’s (1980) competitive forces approach and Shapiro’s approach (1989) that use game theory and it is focused on product market imperfection, entry deterrence and strategic interaction. The ‘dynamic capabilities framework’ is based on the firm’s capacity to renew competences (adapting, integrating and reconfiguring organization and functional competences) in accordance with changing business environment. In particular, this framework considers that there is path dependency, technological opportunities are a lagged function of foment and diversity in basic science and technology enhance or destroy the value of assets. See Pisano, Teece and Shuen (1997).

5. Agents are always capable of discovering new technologies, new behavioural patterns, and new organisational set-ups. Hence, there is also a *continuous appearance of various forms of novelty* in the system.
6. Adaptation and discovery generate variety — collective interactions within and outside markets — perform as *selection mechanisms*, yielding also differential growth of different entities which are so to speak ‘carriers’ of diverse technologies, routines, strategies, etc.
7. As a result of all this, aggregate phenomena are ‘explained’ as *emergent properties*. The phenomena are the collective outcome of *far-from-equilibrium interactions* and heterogeneous learning. Finally, they often have a *metastable nature* (Dosi 1998, p. 1531).

Two important features derive from the above methodological blocks. One is related to emergent properties, which are bottom-up processes (See Section 8.3.2); the other is related to scientific knowledge. The first feature — systems emergent properties — permits the conception of evolutionary changes — always dynamic — as bottom-up process, thus processes as selection and adaptation are bottom-up, founded indeed on the behaviour of heterogeneous agents, rationally bounded, under imperfect knowledge and perceptions capable of creating new products. Innovation processes are bottom-up, but diffusion processes are both bottom-up and top-down. When innovation occurs the diffusion of new products and paradigms could be top-down, but also bottom-up if the diffusion is based on social networks. Furthermore, the diffusion of innovation generates other innovations and these are produced through the bottom-up process. This kind of dynamic is close related to what Dosi (1998, p. 1540) defined as ‘history matters’, in which small initial fluctuations bear long-term macro effects — and the possibility of lock-in into notionally inferior technologies.

The other important feature derived from the methodological block is the role of scientific knowledge in technological and economic change. On one side, the emergence of new scientific knowledge has a crucial role in both inducement effects and path-dependent patterns of economic change and paradigm revolution (in Kuhn’s sense). According to Dosi (1998, p. 1136), during this century, the emergence of major new technological paradigms has frequently been directly dependent and directly linked with major scientific breakthroughs. According to Nelson and Winter (2002, p. 36), and in a broader context, cognitive frameworks and paradigms are

known as a source of long-lasting influence and continuity for both scientific disciplines and industrial technologies. And according to Metcalfe (1998, p. 31) innovations are always epistemic variations — and they are constrained by a cognitive framework — and whether they are called paradigms, heuristics or business theories, they guide thoughts and provide examples of good design. On the other side, and in general, knowledge -and technology which is also knowledge-, is one of the ingredients of the economic system and also one of its guiding factors. Economic evolution is about how knowledge grows. And evolutionary economics deals with the mechanisms by which such knowledge grows and changes.

But, there is another significant issue for the discussion of structural change, which is systems understanding. Evolutionary economics theory could be helpful in this particular aspect, because evolutionary theories permit the characterization of complex realities using models and simple descriptions. The present condition of the world economy seems to be characterized by massive, deep changes spanning local to global scales — including both social and ecological components. In the last decades, the world has been moving through periods of extraordinary instability with the intensification of deep economic, social, political, and cultural changes associated to the current techno-economic revolution — named by Freeman and Louça (2001, p. 301) as the Age of Information and Communication Technology-ICT.⁴⁴ In addition, the speed and magnitude of global change, the increasing connectedness of the social and natural systems at the planetary level, the growing complexity of societies and of their impacts upon the environment, result in a high level of uncertainty and unpredictability, presenting new threats and opportunities for humankind. Therefore, as already quoted in previous chapters, it becomes extremely important to understand systems and not only to forecast them, mostly because the understanding and insight of risks does not necessarily imply capacity of prediction or capacity to reduce or control the risks. Evolutionary economics recaptures the nature of human knowledge in a world of change, and furnishes the idea of *how* economic systems evolve.

⁴⁴ See Section 14.2.2.3 for a discussion of some of the emergent economic patterns that shape current so called 'revolutions' and the New Economy based on the Network Society and the Information Age.

Market capitalism is an evolutionary process, so it is by nature dynamic, and needs to be represented so.⁴⁵ But processes in modern capitalism present a paradox: the individual acts from a creativity in which mechanisms of change depend, but are remarkable for their lack of co-ordination. Yet the consequences of this immense micro creativity depend deeply upon a definitive co-ordination of the fruits of that very creativity by market processes. The joining of the uncoordinated striving for innovation with the subsequent market co-ordination of the resulting activities is the distinctive feature of the capitalist mode of change (Metcalf 1998, p. 7) — and it is, once more, and interchangeable bottom-up and top-down process. Economic evolution is the process of changing technology and the way by which technology changes is used as an indicator of market capitalism advancement — entrepreneurship, instability, investment, financial crashes, creative-destruction, and uncertainty. It becomes apparent that evolutionary economic theory is highly applicable to modern economics, because it is focused on how complex open self-organized systems are ongoing processes of change.

Accordingly, modern capitalism, the uneven development of the world economy, and the uneven diffusion of new technology, creates extraordinary difficulties for any regulatory regime. As a consequence, there is a necessity to take account of politics, culture, organizational change, and entrepreneurship, as well as science and technology in the analysis of economic growth, and acknowledge them as a ‘reasoned history’ (Freeman & Louça 2001, p. 41). As affirmed by Freeman and Louça (2001, p. vii), economic growth needs to be understood in terms of a sequence of eras, each of them marked by a cluster of technologies, whose progressive development drives experienced economic growth. The succession of different economic eras generate ‘long waves’, because progress based on the core technologies of one era operating under their suited institutions sooner or later runs into diminishing returns, and economic progress based on those technologies inevitably slows down. Therefore, long-waves — economic cycles — appear as another appropriate approach to understand economic evolution and the dynamics of capitalism as well as technological change. Accordingly, the next section is dedicated to the cycle’s theory.

⁴⁵ On the varied natures of modern capitalism see Schumpeter (1942).

13.2. Economic Cycles

Economic dynamics is mainly determined by economics, politics and institutions, these and their interaction change over time. Long fluctuations have characterized these dynamics, in which changes have appeared as a succession of -as defined by Pérez (1983, pp. 3-4)- ‘technological styles’⁴⁶ — among other explanatory factors. But the present work does not intend to use long waves as an analysis tool, so that long waves in economic life are not used here as a method for the study of structural change. Instead, the purpose of the present section is to recognize the lessons about long waves as a suitable framework, which complements the evolutionary understanding of the fluctuating nature of economics.

Cycles and/or long waves are useful to represent the evolution of the economy (from the industrial era). This is because the slopes of long waves and the surges out of depression portray a system going through change. However, using long waves to validate a theory of systems that includes the representation of structural change is difficult and controversial. The most obvious weakness is the lack of statistical data for periods including a small number of ‘waves’ and the reliability of such data. Another simple reason for the failure of validation is the difficulty of identifying the causes that influence the cycles, or at least the main ones. There is also a theoretical controversy about the approaches based on long waves, in particular whether it is a good testing method and whether they do in fact exist in an economic time series. But again, the pattern of a cycle renders a compelling image in thinking of a system’s breaks through time. Bearing in mind that growth patterns have been studied as an innovation effect, and even when a recovery (or depression) does not come about only as a result of innovation, a close interaction contributes to an awareness of the structural changing nature of economic systems.

The work of Kondratieff (1935) on the dynamics of capitalistic economic life could be considered as the most ‘classical’ and relevant study on the existence of

⁴⁶ “Others may prefer to call them ‘techno economic paradigms’ or ‘patterns’. It is not easy to find the ideal term with which to convey the features of the phenomenon we are trying to describe. By ‘technological style’ we mean a kind of ‘ideal type’ of productive organization or best technological ‘common sense’ which develops as a response to what is perceived as the stable dynamics of the relative cost structure for a given period of capitalist development.” (Pérez 1983, p. 3). See also Tylecote (1991, pp.36-7) for a brief outline about the nature of technological styles.

more than ‘seven-eleven-years’ business cycles. On this work — *the long waves in economic life* — the idea has been recognized that the dynamics of economic life in the capitalistic social order is not simple and linear but rather is complex and of cyclical character. Science, however, has fallen far short of clarifying the nature and the types of these cyclical, wave-like movements. In economics when one speaks of cycles, it generally means seven to eleven year business cycles, but these are not the only type of economic cycles. There are shorter waves of three and half year’s length — intermediate waves. Moreover, there is a reason to assume the existence of long waves of an average length of fifty years in the capitalistic economy — a fact that still further complicates the problem of economic dynamics (Kondratieff 1935, p. 105). Additionally, a newly developed statistical method for checking the existence of long waves has been recognized in this work. In particular, some conclusions have been made from the evidence (statistical series). Also the historical material relating to the development of the economic and social life as a whole, according to Kondratieff (1935, p. 111), confirmed the hypothesis of long waves.⁴⁷ Kondratieff’s statistical findings were:

1. The examined series⁴⁸ — from the end of the 18th century to 1925 — show long cycles and these cycles cannot be regarded as the accidental results of the methods employed.
2. There are series — as prices — in which the long cycles appear as a wave-like on the average level — thus, they do not exhibit any secular market trend.⁴⁹
3. In the series examined, the turning points of the long waves correspond more or less accurately.

⁴⁷ According to Kondratieff (1935, p. 111) historically propositions have arisen concerning the existence and importance of long waves — emphasizing that in these recurring relationships there is only an empirical character, which does not imply that relationships contain the explanation of the long waves. The historical propositions were: (i) the long waves belong really to the same complex dynamic process in which the intermediate cycles of the capitalistic economy, with their principal phases of upswing and depression, run their course, but these intermediate cycles secure a certain stamp from the very existence of the long waves; (ii) during the recession of the long waves, agriculture, as a rule, suffers an especially pronounced and long depression; (iii) during the recession of the long waves, an especially large number of important discoveries and inventions in the technique of production and communication are made, which, however, are usually applied on a large scale only at the beginning of the next long upswing; (iv) at the beginning of a long upswing, gold production increases as a rule, and the world market (for goods) is generally enlarged by the assimilation of newly formed, especially colonial countries; (v) it is during the period of the rise of long waves, i.e., during the period of high tension in the expansion of economic forces, that, as a rule, the most disastrous and extensive wars and revolutions occur.

⁴⁸ The series selected and examined by Kondratieff (1935, pp. 105-11) were: wholesale price level, rate of interest, wages, foreign trade, pig iron and coal.

⁴⁹ In the series that shows such a trend, the cycles accelerate or retard the rate of growth (Kondratieff 1935, p. 109).

4. Although there are limits of the time spans considered and the statistical methods used⁵⁰, the cycles can be presented as being those most probable:
 - a. *First long wave*: (i) the rise lasted from 1780-1790 until 1810-17 and (ii) the decline lasted from 1810-17 until 1844-51.
 - b. *Second long wave*: (i) the rise lasted from 1844-51 until 1870-75 and (ii) the decline lasted from 1870-75 until 1890-96.
 - c. *Third long wave*: (i) the rise lasted from 1890-96 until 1914-20 and (ii) the decline began in 1914-20.
5. The fact that the movement of the series examined runs in long cycles does not yet prove that such cycles also dominate the movement of all other series.
6. The timing of these cycles corresponds fairly well for European capitalistic countries.

The relevant data that Kondratieff (1935, p. 111-2) was able to quote for long waves covers about 140 years, and this period comprises two and one-half cycles only. Although the period embraced by the data is sufficient to decide the question of the existence of long waves, it is not enough to enable us to assert beyond doubt the cyclical character of those waves. Kondratieff (1935, p. 112) established some empirical rules for the movement of long waves, thus regularities that help to evaluate correctly the long waves, and they were:

1. Changes in technique;
2. wars and revolutions;
3. opening-up of new countries for the world economy; and
4. discovery of new gold mines

The first one is concerning the aims of the present research. According to Kondratieff (1935, p. 112) there is — without doubt — a very potent influence of technical change on the course of capitalistic development. Changes in the technique of production presume (a) that the relevant scientific-technical discoveries and inventions have been made, and (b) that it is economically possible to use them.⁵¹

⁵⁰ This permits an error of 5-7 years in the determination of the years of such turnings (Kondratieff 1935, p. 111).

⁵¹ It would be an obvious mistake to deny the creative element in scientific-technical discoveries and inventions. And a still greater error would occur if one believes that the direction and intensity of those discoveries and inventions were entirely accidental; it is more probable that such direction and intensity are a function of the necessities of real life and of the preceding development of science and technique. However, scientific-technical

The above does not mean that the origins (and the renaissance) of long wave research are not controversial. The studies of Van Gelderen (1913) seem to have provided the first clues. Yet a discussion of the state of the art of long wave theory lies outside the boundaries of the present research.⁵² Having said that, it is not possible to avoid citing van Gelderen (1913) who points out the most important factors underlying the long wave process, and it is also important to highlight that van Gelderen's statements (1913) coincide with Kondratieff (1935) on the above-mentioned extra-economic circumstances and events, based on empirical rules for the considerations of long waves. Van Gelderen's most important 'causal' factors for the long wave process (Kleinknecht 1987, p. 4) were:

1. The leading sector (innovation) hypothesis.
2. The hypothesis of periodic over- and under-investment of capital.
3. Credit expansion and financial crises.
4. Periodic scarcity and abundance of basic materials.
5. Opening of new territories and migration waves.
6. Gold production.

There is a sort of theoretical and empirical agreement on the 'causality' of the upswing in a long wave driven by discoveries, inventions in production techniques and more recently on the means of communication. And, as quoted previously, these headings deserve attention because they include a crucial factor for the present research, namely the 'leading sector', which for the purposes of the present thesis means technical change. Indeed, the van Gelderen (1913) leading sector could be compared with the Kondratieff (1925, 1935) 'changes in technique'.⁵³ Hence, it is possible to acknowledge that innovations (and clusters of innovations) had dramatic impact at the time, even if their novelty is blurred and they may become just part of the landscape (Freeman and Louça 2001, p. 140). Indeed, Freeman and Louça (2001)

inventions in themselves are insufficient to bring about a real change in the technique of production. They can remain ineffective so long as economic conditions favourable to their application are absent. This is shown by the example of the scientific-technical inventions of the seventeenth and eighteenth centuries that were used on a large scale only during the industrial revolution at the close of the eighteenth century. The development of technique itself is part of the rhythm of the long waves.

⁵² For a discussion of the origins of long waves see Freeman and Louça (2001, pp. 66-92) and Kleinknecht (1987, pp. 2-8).

⁵³ "According to van Gelderen, each upswing in a long wave is driven by the rapid expansion of one or several rapidly growing sectors." (Kleinknecht 1987, p. 4).

analyzed these changes as ‘technological revolutions’. Changes that have occurred in the last two and a half centuries have been described as ‘successive industrial revolutions’ and have been represented as major discontinuities or waves. In particular, they stated, as the central arguments of their work, that economic growth which has been experienced over time needs to be understood in terms of a sequence of eras. Each era has been marked by a cluster of technologies, whose progressive development has driven the experienced economic growth. The effective development and implementation of particular technologies, which are essential in an era, require an appropriate and supportive structure of institutions (a point of view that goes back at least as far as Marx). Also, Pérez (1983, p. 1) became aware of the role of innovation in provoking cyclical behavior of the capitalistic economy and the role of institutions on Kondratieff’s long waves.⁵⁴ Additionally, Freeman and Louça (2001) presented an analysis of the work of some economists who have recognized the historical significance of periodic structural transformations, see Schumpeter⁵⁵ and Kondratieff.⁵⁶

[...] comparison with the past is an important feature of the discussion of the present: as in previous periods of structural change, it is prosperity that generates depression. Clément Juglar understood this in his first theory of business cycles, and so did Karl Marx, Nikolai Kondratiev, and Joseph Schumpeter. (Freeman and Louça 2001, p.7)

Furthermore, Freeman and Louça (2001), showed that succession of different economic eras generates ‘long waves’. The condensed waves identified were: *water-powered mechanization of industry; steam-powered mechanization of industry and transport; electrification of industry, transport and the home; motorization of transport, civil economy and war; computerization of the entire economy* (Freeman and Louça 2001, p. 141).⁵⁷ Progress based on the core technologies of one era operating under their suited institutions, sooner or later runs into diminishing returns, and economic progress based on those technologies inevitably slows down. Freeman and Soete’s (1997, pp. 31-187) technology-related historical account is consistent to the mentioned one, because it included the *Industrial Revolution, the age of electricity*

⁵⁴ “[...] we postulate that Kondratiev’s long waves are not a strictly economic phenomenon, but rather the manifestation, measurable in economic terms, of the harmonious or disharmonious behaviour of the total socioeconomic and institutional system (on the national and international levels).” (Pérez 1983, p. 1).

⁵⁵ “Although Schumpeter stressed the great importance of ‘successive industrial revolutions’ and of ‘reasoned history’, he never quite escaped from the heritage of Leon Walras.” (Freeman & Louca 2001, p. 6)

⁵⁶ Freeman and Louça (2001) dedicated chapter 2 and 3 to the appreciative critique of the Schumpeter and Kondratieff works (Freeman and Louça 2001, pp. 42-92).

⁵⁷ Freeman and Louça (2001, p. 141) presented in a table a condensed summary of the Kondratieff waves.

and steel, process innovations in oil and chemicals, synthetic materials, mass production and the automobile, and electronics and the computer. Furthermore, Freeman and Soete (1997) also recognized long waves in economic development⁵⁸, and showed that there is a systemic interdependency of many technical and organizational innovations.

The process of innovations: product innovations, organizational innovations and material innovations are all interdependent in mechanization, electrification or computerization (Freeman & Soete 1997, p. 31)

Besides, Schumpeter (1935, pp. 2-3) recognized ‘outside factors’ when he explained the main features of an analytic apparatus in the economic change, and considering the presence or absence of a fluctuation ‘inherent’ to the economic process in time, he disregarded not only wars, revolutions, natural catastrophes and institutional changes, but also changes in commercial policy, in banking and currency legislation and habits of payments, variations of crops as far as these were due to weather conditions or diseases, changes in gold production as far as these were due to chance discoveries, and so on. Moreover, Schumpeter (1935, p. 5), basing his conclusions on the definition of cycles, trends, equilibrium, growth and innovation, affirmed that outside factors and growth factors do not exhaust the list of the influences which produce and shape economic change.⁵⁹

[...] the unremitting efforts of people to improve according to their lights upon their productive and commercial methods, i.e., to the changes in technique of production, the conquest of new markets, the insertion of new commodities, and so on. This historic and irreversible change in the way of doing things we call ‘innovation’ and we define: innovations are changes in production functions which cannot be decomposed into infinitesimal steps. [...] The kind of wave-like movement, which we call the business cycle, is incident to industrial change and would be impossible in an economic world displaying nothing except unchanging repetition of the productive and consumptive process. Industrial change is due to the effect of outside factors, to the non-cyclical element of growth, and to innovation. If there be a purely economic cycle at all, it can only come from the way in which new things are, in the institutional conditions of capitalistic society, inserted into the economic process and absorbed by it. In fact, the cycle seems to be a statistical and historical form in which what is usually referred to as ‘economic progress’ comes about. This is why any serious attempt at analytic and even at practical control of the business cycle must be an historical one in the sense that the key to the solution of its fundamental problems can only be found in the facts of industrial and commercial history (Schumpeter 1935, pp. 4-5).

⁵⁸ In particular, their account followed Schumpeter’s theory of ‘successive industrial revolution’ (Freeman & Soete 1997, p. 31).

⁵⁹ Schumpeter’s concepts of innovation (new products, new methods of production and new markets and sources of supply) permitted an analysis of economic change to form, in which Schumpeter (1935) considered these phenomena not timed to (in the sense of being caused by) the business cycle, but a cause of change outside the business cycle, which can then shape it.

In fashioning this theory of economic change connecting innovations, cycles, and development, Schumpeter agreed with Kondratieff's ideas of long waves (Kondratieff waves)⁶⁰, but accounted that there is no ground to believe that there should be just one wave-like movement pervading economic life, proposing the 'three-cycle schema'. This is another important contribution for the cycle theory, which stands to reason that some processes covered by the concept of innovation must take a much longer time than others to have full effect.⁶¹ It is more realistic to admit that there are many cycles rolling on simultaneously, and to face squarely the problem of analyzing their interference with each other. However, it is necessary to settle on a moderate number of distinct movements, and the three-cycle schema had been suggested by Schumpeter (1935, p. 7) as a fairly useful working hypothesis. Schumpeter suggested a model in which the three main cycles, Kondratieff (54 years), Juglar (ranged in duration from 7-11 years) and Kitchin (approximately 4 years) can be added together to form a composite waveform. But a Kondratieff wave could consist of three lower degrees of Kuznets waves (cycle of average duration of 15-25 years). Each wave could, itself, be made up of lower duration period waves. If each of these were in phase, more importantly if the downward arc of each were simultaneous so that the downswing of each was coincident it would explain disastrous slumps and consequent depressions.

The Schumpeterian research program consisted of the bold task of providing the dynamic counterpart of the Walrasian schema, in order to create a truly general theory. This implied that some sort of logical separability was possible between the problems of growth and cycle, since growth was reduced to the monotonic trend of capital accumulation through savings and to populations increase, both added to an equilibrating process. Of course, this did not solve the statistical problem of the assessment of the trend and cycle, since there was not a real trend of equilibrium —only a number of discrete equilibrium points, two for each cycle— and since the cyclical process by itself displaces the centre of gravitation upwards. And, moreover, the three-cycle schema implied that the equilibria of the shorter cycles were defined in the artificial representation of the trend line of the larger cycles, and that the single true equilibrium occurred at the very beginning of a Kondratieff wave, when prosperity was to commence and the equilibria of the three types of cycles coincided. All other points are 'neighborhoods equilibrium', therefore unstable for a new, very structural reason: the dynamic of evolution in the larger cycles —the Kondratieff long waves— over determined the shorter ones, even when they were in the neighborhood of equilibrium in their own motion. This was a form of representation of the feedback mechanisms in action in real economies, but it added singular difficulties to the mathematical treatment of the model —and Schumpeter certainly had these

⁶⁰ "The term Kondratieff Cycle is for us a name for a certain set of facts (a certain long-time behaviour of the price level, the interest rate, employment, and so on), none of which is open to doubt." (Schumpeter 1935, p. 7)

⁶¹ For example, the railroads or electrification of a country, for instance, may take between one-half and the whole of a century and involve fundamental transformations of its economic and cultural patterns, changing everything in the lives of its people up to their spiritual ambitions, while other innovations or groups of innovations may arise and disappear within a very few years (Schumpeter 1935, p. 7).

in mind when he accepted that his theories were very hostile to mathematical formalism. (Freeman & Louça 2001, p. 54-5)

According to Schumpeter (1947, p. 156), the entrepreneur disturbs the ‘equilibrium’⁶² and is the cause of economic development, which proceeds in cyclic fashion along several time scales. Indeed, Schumpeter (1947, pp. 156-7) said that entrepreneurial activity affects wage and interest rates from the outset and becomes a factor in booms and depression. This is one of the reasons why entrepreneurial gains are not net returns for: (i) the people who attempt entrepreneurial ventures — the gains of a successful entrepreneur and of the capitalists who finance him should be related not to his effort and their loan but to the effort and the loans of all the entrepreneurs and capitalists who made attempts and lost —, (ii) the industrial sector in which innovation occurs — because the impact of the new product or method spells losses to the ‘old’ firms —, (iii) the capitalist interest that finance entrepreneurial activity and for the capitalist class as a whole —there is a lesser amount of information about capital, because it is incessantly destroyed and re-created.

The economic problems faced by world economies during last decades have produced a renaissance of interest in the Kondratieff and Schumpeter cycle, even if the essential point of controversy is still under discussion. Some important works on these topics could be mentioned, such as Mensch (1979) — who described and sketched the fundamental process of economic change through a sequence of events that lead to a ‘technological stalemate’ —, Kleinknecht (1987) — who corroborated the Schumpeter cycles by identifying long waves applying econometric methods — and Tylecote (1991) — who presented an historical account of the fluctuations of world economy from 1790 to the present, also providing a theoretical review of the long waves debate, technological styles, integration and disintegration, as well as a feedback.⁶³

But turning again to the most important fundamental factors governing the long waves process, and by prosaically dividing the economic sciences into two branches, industrial and monetary, one might say that the other factors considered are related to

⁶² “[...] waves of prosperity always do arise whenever a neighbourhood of equilibrium is reached ‘from below’, and that they always do taper off into a new neighbourhood of equilibrium [...]” (Schumpeter 1935, p. 7).

⁶³ Some of these theoretical arguments, such integration and disintegration, have been discussed in Section 8.3.

monetary (rather than to industrial) matters⁶⁴ — and, even though they are closely associated to the industrial economy, they are outside the limits of the present analysis.⁶⁵ The opening of new territories and migration waves could be classified in different ways because their causes and effects are distinct and multiple. But more important than labeling or categorizing this factor is the awareness that it is related to economic development opportunities. This ‘demographic’ factor allows us to add to van Gelderen’s 1913 ‘list’ another important factor connected to long waves, namely environmental conditions or change in ecological systems (furthermore depending on availability of raw materials). Yet, like monetary factors, demographic ones shall not be included in this analysis either.

Continuing on the ‘monetary line’, the present study agrees with Pérez’s work (2002), which presents an analysis of the historical process and shows the complexity of finance, technology and political change. Although failing to recognise upswings and downswings (the common goal in long wave analysis), a structural change analysis must detect a much wider economic phenomenon, relating the social and institutional factors with technological revolution. Pérez’s work also presents a framework of causal sequence of the spread of innovations connected with financial crises. Two important factors need to be pointed out to understand the systems changes in a framework of technological revolution and financial capital. First, ‘financial capital’ is a feature, in the form of money or other paper assets, which serves to reallocate and redistribute wealth. Second, ‘production capital’ serves to generate production goods or to perform services. This analysis provides a clear and useful framework to understand the direction of change given the interaction between money and real economies, and given the course of technical change and the role of financial and capital change during the life of technological revolutions.

But as mentioned earlier, Pérez (1983) also provided an analysis of the structural patterns and process of capitalistic economy considering diffusion of new technologies, in particular considering the role of Schumpeterian innovation and techno-economic and socio-institutional characteristics from the analysis of the

⁶⁴ And, the last factor considered by van Gelderen (1913) seems to have no relevance after the conversion of the gold standard regime in the new systems of rules, institutions and procedures to regulate the international monetary system set up by the Bretton Woods Treaty.

⁶⁵ See Kleinknecht (1987) and/or Tylecote (1991) for an analysis about the ‘monetary’ and demographic factors.

Kondratieff long waves.⁶⁶ Technological styles — techno-economic paradigms or patterns — were considered as an element of the capitalistic economy model presented by Perez (1983, p. 3), and the characteristic upswing and downswing were associated with the prevailing technological style.

[...] the upswing of a Kondratiev long wave begins when a harmonic complementarity has been achieved, through adequate social and institutional innovations, between the 'technoeconomic paradigm', which emerged and developed in the previous Kondratiev peak and downswing, and the socio- institutional climate. This unleashes the swarming process and generates the wave of infrastructural investment that induces the attainment of full growth potential, through accelerated diffusion and ultimate generalization of the paradigm. It is a period of bandwagon effects, when one after another all productive units-and even social activities of all kinds tends to apply what is then generally considered as the 'optimal or ideal form of productive organization'. A particular form of growth stabilizes; a particular way of life takes shape for the different segments of the population; a set of international investment production and trade patterns evolves; (utterly) refined statistical models of the economy can be made-and *can work*; economic science can develop with relative confidence with *ceteris paribus* assumptions; the trajectories of a large cluster of technologies become 'common sense' and seem to belong to the 'nature of things'; state policies, be they *laissez faire* or Keynesian or whatever, are seen more as objects of refinement than of radical change because their effectiveness seems to have been 'demonstrated'. (Pérez 1983, p. 5)

The descent of the Kondratiev wave sees the exhaustion of the new product and process investment opportunities associated with the prevailing technological style at the same time as the exhaustion of the technological trajectory of the carrier branches (even as their output may continue to grow with inflationary trends). These events affect the motive branches, whose capacity to continue maintaining the relative cost advantage of the key factors is reduced, not only for similar technical reasons but also by the very fact that their main sources of market growth are contracting. [...] the downswing is then a period of experimentation at all organizational levels of society, characterized by the proliferation of reassessments, proposed solutions and trial-and-error behaviour stimulated by the increasing gravity of the crisis. All this occurs in the face of the weight of tradition, of established ideas, of vested interests and other inertial forces which actively oppose the required transformations. (Pérez 1983, p. 6)

Yet, rather than applying Kondratieff's long waves (or any statistical or econometric method), it became important — in order to attain the theoretical scope of the present research — considering cycles and long waves, to understand the historical recurrence of technological impact on economic development. Hence, long wave analysis became important here because its conceptual framework is useful for the present research attempts to describe economic structural changes. 'Long waves' are more than economic cycles: they are a much wider phenomenon with social and institutional implications enforcing technical change. But again, 'long waves' analysis is not an objective here, and so the term is used here only to suggest those 'surges' that characterize economic dynamics. Therefore, long waves focused on technical changes and in agreement with Freeman and Louça's (2001) approach, seeing them as

⁶⁶ This work also included policies issues — institutional requirement— for next upswing (Pérez 1983, p. 11-3).

patterns of change that configure long-term fluctuations. Unlike long wave analysis, this research does not describe the entire deployment of surges, in other words it does not include all the different phases of the trajectory. This work is founded on Freeman and Louça's analysis (2001, p. 118) of successive industrial revolutions, and like them it uses long waves as a 'metaphor', because this image permits one to establish a framework for the discussion of long-term structural change, and revolutions as points in time in which the system changes its dynamic.⁶⁷

It also becomes important to emphasize that technical revolution or innovation has a specific position on the technological trajectory (analogous with the long wave routine), and that they are not isolated events. But such innovation, interconnected with other and different kinds of factors, gives rise to a coherent routine, which in turn creates and enhances a 'wave' of growth in the economy.⁶⁸ In addition, and as criteria for the present study, the examples designed to shed light on structural change and economic dynamic in Chapter 14 encompass more than just the goods and economy services — they are a sort of new branch of traditional economics. They may be seen as 'information economy' (or the so-called 'ICT paradigm'), and are correlated with the more recent economic paradigm concerned with computers, telecommunications and Internet. Therefore, the emphasis on long waves is considered in connection with the technological revolution irruption (in particular using the two examples of Chapter 14) and its consequences for the economic structure configuration.

And furthermore, whether adopting the Schumpeterian position or not, the social sciences have generally accepted a view of technical change as one of the major sources of the qualitative transformation of the economic system⁶⁹, that is structural economic change. Kondratieff (1925, p. 582) was concerned about these topics, and reviewed the principal forms of dynamic processes and differentiated these processes of variations which are subject to the economic elements, thus distinguishing between dynamic 'evolutionary process' and 'wave-like' or 'fluctuating ones', and also distinguishing 'qualitative changes' from 'quantitative variations'. These various

⁶⁷ Even so, the present work does not show, as Freeman and Louça (2001) do, the successive associated phases of a technological revolution, the entire wavelike movement in the economic and social systems based on the complexity of reasoned history.

⁶⁸ See Dosi (2000) for a complete inquiry into the subject: *Innovation, organization and economic dynamic*.

⁶⁹ As shown in Chapter 3.

forms that characterize dynamic processes are essential to understand cycles and, more generally, economical — reversible and non-reversible — process of changes, which are fundamental to understand structural changes.

In the above paragraphs some concepts and distinctions were mentioned, these are defined in order to provide an idea about the complexity of the processes of variation and change in the different economic elements and in economic evolution as a whole. ‘Qualitative changes’ are those changes in which either the elements of economic life themselves, or their relationships, are subject to changes which cannot be completely expressed in terms of numbers or volume or any quantitative measure (Kondratieff 1925, p. 579). Practically all economic elements are subject to both qualitative and quantitative variations, but some processes of variations are subject to at least two principal currents of changes: ‘general trend’ of development and the ‘velocity’ or ‘rate’ of development. But the general tendency of developments of these changes represents a non-reversible process;⁷⁰ and the rate of development is represented by a curve exhibiting wave-like fluctuations, which seems to be subject to a reversible process of variation (Kondratieff 1925, pp. 582-3). Hence there is a further division: ‘non-reversible’ (or ‘evolutionary’) processes, on the one hand, and the ‘wave-like’ (or ‘fluctuating’) on the other. The non-reversible or evolutionary process applies to those changes which, in the absence of extraneous (non-economic) disturbing causes, develop in a certain definite direction (so, they are not subject to reversion or repetition). Wave-like or fluctuating processes are those variations which are changing their direction in the course of time and are subject to repetition and reversion (Kondratieff 1925, p. 580).⁷¹ A further distinction of reversible processes was made based on statistical analysis, that resulted in the existence of ‘regular’ — seasonal or cyclical⁷²— and ‘irregular’ processes.

⁷⁰ In which interruptions may be the result only of the influence of disturbing causes and catastrophes, either elemental or social (Kondratieff 1925, p. 583).

⁷¹ “Considered as continuous, the processes of change may be represented by curves whose directions and slopes vary, exhibiting a series of recurring maxima and minima. None of the points of these curves is identical with any other, since it represents a different moment of time and a different combination of economic factors in production, distribution, etc. Hence the statement that the process is subject to reversion and repetition is not to be applied in an absolute sense, but is to be used only to distinguish this class of change from the other, which admits of no repletion or reversion.” (Kondratieff 1925, p. 580)

⁷² As to cycles, the processes may again be different, and Kondratieff (1925, p. 581) pointed out the types of cycles observed by another economist — as Kitchin ‘minor’ cycles.

Analogous and complementary distinctions were made by Schumpeter (1935, p. 3), which statistically defined the term ‘cycle’. This means, first, that sequences of values of economic quantities in historic time do not display monotonic increase or decrease, but irregular recurrence of either these values themselves or their first or their second time-derivatives; and second, that these ‘fluctuations’ do not occur independently in every such time series, but always display either instantaneous or lagged association with each other. But Schumpeter (1935, pp. 3-4) also defines ‘trend’ and ‘growth’. Trend means the fact that in many, although not in all, such time series it is possible to divide the whole interval covered by overall material into sub-intervals such that the mean values of the time integrals over these sub-intervals are monotonically increasing or decreasing as time goes by, or that display recurrence only once (Schumpeter 1935, p. 3). Instead, growth means changes in economic data that occur continuously in the sense that the increment or decrement per unit of time can be currently absorbed by the system without perceptible disturbance (Schumpeter 1935, p. 4).

In this context, in order to understand the characteristics of economic dynamics it is necessary to consider both processes — and the nature of the variations —, in which the general tendency of non-reversibility of economic evolution is interrupted by the influence of causes, such as technological innovations are. Innovation is considered as the launch of something new that brings economical progress, but it brings with it a continuous flow of change as new productive potential.⁷³ History and economics have been seen as contextualized periods with definite breaks between them, as quoted above, like ‘revolutions’ — and the examples in Chapter 14 are contextualized in the ICT revolution.

But also in this context, it became useful to consider alternative approaches, such as the ‘adaptive cycle’. The model of the adaptive cycle, derived from the comparative study of the dynamics of ecosystems, has been presented by Holling (1986). It consists of a general model of systemic change that proposes that the

⁷³ But as pointed out by Pasinetti (1993, p. 57) technical progress emerges in the form of an impetuous flow, which cannot be stopped, but which must be channelled into new directions. The latter (new directions) must, in their turn, little by little, be discovered and/or invented, as the old ones continuously become saturated. Most new directions do not emerge or are not recognized soon enough, and the structural dynamic is not unfolded in clear terms.

internal dynamics of socio-economic systems, such as ecological ones, can be represented by an adaptive cycle in four distinct phases that have been identified (See Figure 25): growth or exploitation (r), conservation (K), collapse or release (omega) and reorganization (alpha). The adaptive cycle exhibits two major phases (or transitions). The first, often referred as the fore-loop, from r to K, is the slow, incremental phase of growth and accumulation. The second, referred as the back-loop, from Omega to Alpha, is the rapid phase of reorganization leading to renewal.

But more generally, resilience is the ability to absorb disturbances, to be changed and then to re-organize and still have the same identity (retain the same basic structure and ways of functioning). It includes the ability to learn from the disturbance. The basic concepts underpinning a resilience approach may be applied to social sciences, — or here particularly to policy and management, and are: non-linearity, alternate regimes and thresholds; adaptive cycles; multiple scales and cross-scale effects — ‘panarchy’⁷⁴ —; adaptability; transformability; general versus specified resilience. In particular, panarchy was for developing an integrative theory to help understand the source and role of change in systems — particularly those kinds of changes that are transforming and are taking place in systems that are adaptive. Nevertheless, rather than going into this argument, the adaptive cycle model explanation is mentioned here just to consider it as an alternative and useful tool to examine social systems, because it provides the pattern of historical events more organically and provides a mapping system for the comparison of one series of occurrences and chances to another.

Conclusively, economic changes have non-reversible tendencies, and one can say they are subject to structural changes, in which rates of development are reversible as in the case of qualitative variations.

Regarded as a whole, economic reality represents a non-reversible process, in which progress is accomplished by stages. But the individual economic elements, while they are thus subject, as parts of the whole, to a non-reversible process of variation, in some cases develop, when considered separately, through a reversible process. (Kondratieff 1925, p. 582)

⁷⁴ The cross-scale and dynamic nature of the theory led to the newly coined term ‘Panarchy’ — thus, the opposite of hierarchy. Panarchy permits the understanding of multiple scales and cross-scale effects, including nested adaptive cycles, with influences between scales. In respect to panarchy and adaptive change, see Holling, Gunderson and Ludwig (2002 in URL: <http://resalliance.org>).

The investigator may indeed find it expedient to concentrate his attention on one of the two forms of processes; yet, when dealing with (say) reversible processes, he must always bear in mind the existence and the influence of non-reversible processes; and *vice versa*. (Kondratieff 1925, p. 583)

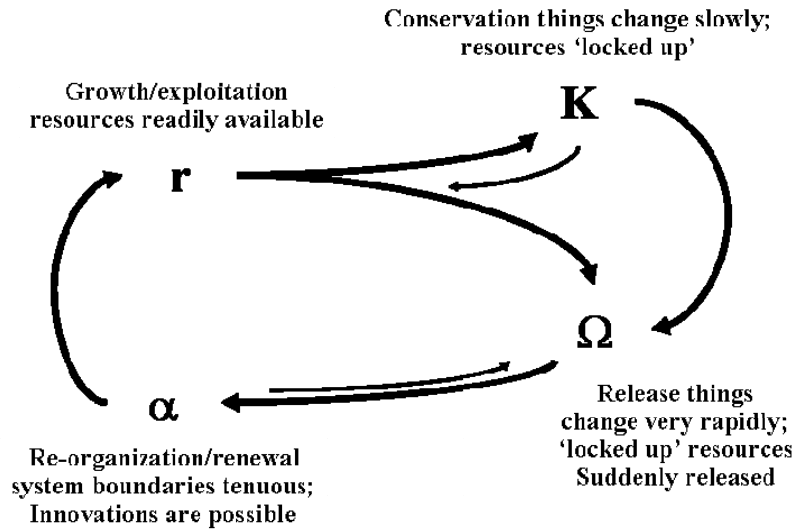


Figure 25: Adaptive Cycles. (Source: Own representation based on URL: <http://resalliance.org>)

An historical account allows observing the general process of evolution, and statistical — empirical — accounts allow the observance of the wave-like fluctuation processes. Chapter 14 aims to consider non-reversible processes which have been accomplished by stages through two examples pertaining to the 'ongoing' technological revolution. The mechanisms that produce different behavioural patterns in the economic system (elements and/or their relations) and the dynamic process that determines these new system patterns are the main objects of research for the economics of structural change. Accordingly, in this study, long waves and evolutionary economics are indicated as an approach to understanding the complex course of structural change. Economic reality is represented as an evolutionary process in which the parts of the whole are cyclical through time, but cycles do not duplicate processes:

Nature is cyclical, but the cycle is not renewal of the same process again and again. And, since change is permanent and irreversible, time repeats never repeating. (Freeman & Louça 2001, p. 3)

14. STRUCTURAL ECONOMIC CHANGE AND THE ROLE OF TECHNOLOGY

The mechanisms that produce different behavior patterns in the economic system (elements and/or their relations) and the complexity of the processes that determine these new system patterns, is one of the main concerns of this research. The structural dynamic could not be unfolded in clear terms because in many case is not possible recognize emergent properties (and the new directions that system takes). In other terms, because the limited validity of the social and economic models, changes – as well as the foreseeable stability of the structure of the model considered – are by nature essentially unpredictable.

In that way the next sections integrate some different theoretical notions (from Part I and Chapter 13) to understand the process of structural change through examples that are concrete, real and of maximum importance to the contemporary economy. In particular, and in order to understand economic systems (and social ones in general) taking into account the factors that play a role at the different (micro- and macro-) levels, two examples are proposed: computer and the Internet. The absorption and assimilation of the use of the computer has had different impacts on the process of development of new economic sectors and have impacted all social spheres. Internet, just in the precise field of economics, covers (or is involved in) a whole range of subjects and contexts, micro and macroeconomic ones, from e-business, dot.com firms, telecommunications, labour market (employment), finance, government bureaucracies and democracy, knowledge, to economic theory and economics laws themselves. Moreover, the theoretical bases and descriptions presented in the following sections contribute to the construction of a new interpretative system capable of explaining and shedding light on the complexity of structural change.

14.1. Technology and economic transformation

The modern capitalistic system is characterized by processes such as the emergence of new systems, the structural transformation of these new systems and their destruction. New patterns of behaviour, whether technological, organizational or

social, are drivers of economic change. In particular, innovations are a kind of behavioural change, and changes in behaviour are the basis of changes in structure. So, one may say — perhaps in a simplistic and deterministic way — that innovations such as technological changes are processes that change economic practice and produce consequences in economic reality.

Technological changes illustrate how certain factors transform economies, but also, from a methodological point of view, how the emergence of new technologies complicates and limits the modelling process. Technological change is a factor that causes changes at micro and macro levels, thus in national economies and industrial dynamics. But technological change can be considered both as cause and effect, because it may cause public policy as well as shape it. By the same token, technological change may alter a firm's innovative strategies and then affect the deployment of these same strategies. Consequently the difficulty of modelling arises from the micro diversity which produces the patterns of change at sector and aggregate levels. Even though the dynamics of change can be measured at macro level, these have to be explained at the micro phenomena level. By means of two examples (See Section 14.2), these processes and difficulties are examined; technological examples used here are sources of ideas and reflections about economic dynamics, and are useful to distinguish evolutionary economic processes and patterns of structural change.

The reason for using computers and the Internet as examples of evolving innovations is almost self-evident. The importance of computers becomes immediately clear as one traces the first stages of development of numeracy as the ability to count (numeration). The human impact on the development of a number can be seen in many ways, starting from its language related aspects and including the reference process that counting involves. The Electronic Revolution is the latest stage of these continuous developments that aid the calculation process, from the beginnings of counting to electronic computer development. The importance of the Internet is also evident when the basic notion of communication is considered in almost all human activities, and it is particularly understandable in the transformation of business practice as may be observed in the New Economy and in the broad notion of Network Society.

The Electronic Revolution is the premise for the ICT Revolution, which includes computers and the Internet. Integrated circuit chips that compose modern computers are the core invention in the Electronic Revolution. The ICT Revolution is based on telecommunication networks, which have taken on a new pattern, becoming information networks powered by the Internet. Networks are interconnected nodes, and these nodes are computers in the Internet-based information networks. Therefore, both examples are interrelated, but more importantly they are useful for describing the structural economic dynamics that take place in the Information Age.

In particular, the invention of such electronic devices as computers happened alongside a set of other inventions. The harnessing of electricity with its associated innovations brought about complex technological systems that elicit incremental improvements in individual components. In particular, computers are associated with another cluster of innovations, in which the chip is the key one, and must be placed within an economic, social, political and institutional framework. The absorption and assimilation of the use of computers has different impacts on the process of development in all social spheres and has been related to the configuration of new social and economic systems, because it has contributed to the emergence of new economic sectors, ways of working, new techniques, new decisional processes, new scientific branches, new cost structures, etc.

The Internet is still configuring society and economy, and the changes and consequences of this technology are still to be fully understood. Thinking about the Internet, business and society, Castells (2001) began to observe that the social history of technology was characterized by people, institutions, companies and society at large, which transformed technology by incorporating and adjusting it. This became most remarkable in the case of the Internet. The Internet is based on communication; it has transformed and is still transforming the way in which people communicate. At the same time as people do things through the Internet they are transforming the Internet.

An economic analysis of computers and the Internet can be far from clear-cut, and it lies outside the scope of the following chapters, the main purpose of which is to

illustrate by means of two examples, how technical change generates processes that affect the forces that define and maintain the identity of the observed economic system, as this identity is manifested by property and production relations. This work will be concerned with the salient patterns emerging from the new economic models proposed by the computer and the Internet in order to suggest the configuration of new (still embryonic) socio-economic structures.

In general, economic dynamics (analyzed for examples through the long-waves of Kondratieff) and evolutionary process is concerned with explaining changes over time in the relative importance of certain entities, the elimination of some, and the development and outcome of others.⁷⁵ Technology provides fine examples of these kinds of processes, and Schumpeterian discussion about innovation is certainly useful to focus the attention on patterns of structural change. Indeed, ‘creative responses in economic history’ are key to identify sources of change. According to Schumpeter (1947, p. 150) creative response has at least three main characteristics:

1. ‘New things’, ‘creative destruction’ or just changes, are fully understood *ex post*, because, from the point of view of the observer, they cannot be understood *ex ante*.

During the beginning of the era of computers, it was difficult to envisage *ex ante* how a calculator, a ‘hobbyist’ device, would become a sort of basic good (or commodity) in the modern world, and how the Computing Tabulating Recording Company (CTR) would become the most important computer manufacturer. Then again, in the case of the Internet it would become difficult to envisage *ex ante* how it could be possible that a military and academic means of communication could deeply transform culture, social practice and economic life.

2. ‘Creative response’ shapes the whole course of subsequent events and their long-run outcome.

⁷⁵ Nevertheless, Stoneman (2002) has dedicated his book to explore potential reasons (and test various explanations) to answer why for most new technologies takes many years for the extent of ultimate use to be attained, thus the process by which new technologies spread across their potential market over time. Also, Stoneman (2002) explored policy issues and analyzed the implications for economics, outside the Schumpeter work and behind the long trade cycle.

Economic and social changes are consequences of ‘creative response’ because this changes goods — or the way to use them. Computers and the Internet, even if they may be considered as an improvements of the calculator— in the case of computers — and a means of communication equivalent to the telephone — in the case of the Internet — have created new processes and outcomes. ‘Creative response’, according to Schumpeter (1947, p. 150), “creates situations from which there is no bridge to those situations that might have emerged in its absence”, hence, the computer and the Internet are good examples of the mentioned non-deterministic process and no-substitute goods and services.

3. ‘Creative response’ has obviously something to do (a) with quality of the personnel available in a society, (b) with the relative quality of personnel, that is, with the quality available to any given field of activity in respect to the quality available, and (c) with individual decisions, actions, and patterns of behaviour.

Computers and the Internet are proving grounds for the qualities desirable in personnel who can best manipulate them as media. One the most obvious aspects is that computer competency has become a mandatory requirement for personnel in almost every sector of the economy. The Internet case is more complex than that of the computer, although closely related with computer competency. Internet personnel are users — but also producers — and it is they who compose ‘the culture of the Internet’ (Castells 2001, pp. 37-61) or the multi-layered culture of producers/users. Besides, individual decisions, actions and behaviours, are related to ‘entrepreneurship’, which according to Schumpeter (1947, p. 150) is a mechanism of economic change in a capitalist society which pivots on entrepreneurial activity. In order to illustrate aspects of this difference, the case of IBM is outlined as the computer example, and ARPANET privatization as the Internet example.

It therefore becomes apparent that innovation can be used as a starting point in understanding economic and capitalistic changes. And, in the context of creative response, the next section (Section 14.2) gives two examples which explain: (i) how socio-economic systems are really complex systems in which various possible

structural changes can occur as a result of a variety of factors (such as technological change) and (ii) how these changes give rise to a range of different possible situations that limit the modelling process, imposing uncertainty about the system.

14.2. Evolving innovations: two examples

14.2.1. Computer

14.2.1.1. The beginnings of computers: counting and calculators

The aim of this analysis is not an exposition of the evolution of the computer as a mechanical calculating machine, departing from finger reckoning and the abacus to the electronic computers of our days. Rather, this analysis tries to look for connections between the structural economic changes and the Electronic Revolution, and how the influence of such technological changes defines the modern economic parameters and makes the modelling process difficult.

The development of modern computation begins with the invention of mechanical devices that automatically perform arithmetic functions. The substitution of human intellect for devising the calculation process⁷⁶ — during the Eighteenth Century — was an important change, and a structural one, that does not need to be explained to show its scientific and social implications. It is not necessary to detail how a simple calculation device has impacted society, especially considering the mercantilist context as a reference scenario. But the first steps to social and economic change began with the establishment of a number system, and the necessary rules for doing arithmetic within that system. Simple arithmetic (particularly addition) was performed in most number systems like those developed in Egypt, Greece or Rome.

⁷⁶ Williams (1997, pp. 118 – 208) described most of the mechanical calculating machines produced during the 18th and 19th centuries such as those of Schickard, Pascal, Leibniz and Morland, including the commercially produced machines such as the Thomas Arithmometer and Key-Driven machines. Also, ‘differences engines’ were described. They were simple machines that replaced methods to calculate differences, which were capable of both storing a series of numbers and performing additions with them, as for example, the Scheutz difference engine or *tabulating machine*. Another important machine that signalled a new concept in computing was the Babbage’s Analytical Engine, also described in Williams’ work. Besides, working with Babbage was Augusta Ada Lovelace, a mathematician and creator of a program for the Analytical Engine. Had the Analytical Engine ever actually worked, Ada’s program would have been able to compute a mathematical sequence known as Bernoulli numbers. Based on this work, Ada is now credited as being the first computer programmer and, in 1979 a modern programming language had named ADA in her honour.

In the old days problems did not need complex calculations — beyond simple addition and subtraction —, but with social and economic progress problems began to require more in the way of sophisticated arithmetic abilities, such as those that arose as a consequence of trade, taxation, military organization, etc. A large variety of calculation aids — methods and devices — were developed until they were replaced with the ultimate calculation aid: the electronic computer (Williams 1997, p. 46).

Hundreds of different kinds of computers have been designed and built during the evolution of modern computers. Even if most of them have been forgotten, a few others have had significant influence on modern ideas and developments.⁷⁷ The basic methods of representing numerical quantities inside calculating machines have been used as a categorizing factor to divide this era of the digital computer with its precedent, but even analogue calculating devices go back in history much further than the digital.⁷⁸ Furthermore, analogue methods still have an advantage over digital ones, the reason being that early calculating instruments and machines were analogue in that they were intended to be used in motion problems resolution — and it is easier to construct an analogue model than to deduce the mathematical equations of motions of such systems (Williams 1997, p. 191).

Modern electronic digital computers were influenced to a considerable degree by computing machines based on mechanical, electromechanical and relay technology, which was a remarkable transition that occurred over a period of only 25 years. Although these machines were efficient and capable of solving a variety of problems their speed could not match that of the electronic computers. The electronic stored-program computer (or computer memory systems) was also an important step toward the development of modern electronic digital computers. The story of mechanical machines is illustrated in Williams (1997, pp. 209-260) and can be divided into four basic developments⁷⁹: the Zuse Machines (the Z1, Z2, Z3, Z4 and other Zuse Machines), the Bell Telephone Laboratories and Stibitz's relay computers, the Harvard Machines (Harvard Mark 1, Mark 2, Mark 3 and Mark 4 by Howard

⁷⁷ A helpful sketch with some of the key historical developments in computer architecture is presented in Tanenbaum (2006, p. 14).

⁷⁸ Analogue devices were developed between 400 B.C and the mid-nineteenth century when digital calculations faster than those allowed by analogue methods. Typical examples of analogue devices are the *astrolabe*, the *planimeter* and mechanical differential analyzer (Williams 1997, p. 192).

⁷⁹ See Appendix 1 for a brief introduction to these kinds of machines.

Aiken) and the IBM calculators (including the Selective Sequence Electronic Calculator - SSEC).

World War II drove the development of electronics from what was essentially a small-scale analogue industry (concentrating on radio circuits) to the development of digital electronic techniques, not only for war-related projects such as radar and atomic energy but also for the construction of coding and deciphering machines as well as electronic calculators. Williams (1997, pp. 262-293) describes the three main steps to the construction of the first electronic digital stored-program computer that outline the Digital Electronics Age and the Third Generation — and further — Computers,⁸⁰ which were: the Atanasoff-Berry computer (the ABC), the Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) and Electronic Discrete Variable Automatic Computer (EDVAC) and the Colossus.⁸¹

The degree to which one electronic computer design — and the first stored programs — influenced the development of modern computers is still being debated by computer-creators and historians.⁸² During the 1930s and World War II, flexible computing was progressively constructed while key features were added, as seen in modern digital computers. The use of digital electronics and more flexible programmability were crucial developments. However, the simultaneity of developments and different approaches concerning machine architecture problems makes it difficult to define one of them as the first digital electronic computer.

The Electronic Revolution was followed by what could be defined more recently as computer-associated inventions like the Microcomputer (in 1971) that led to the Personal Computer release by IBM in 1981 (and afterward IBM PC compatible

⁸⁰ The computer generations are commonly summarized as follows: Zeroth Generation (1942-1945), which comprises mechanical computers; First Generation (about 1945-1955), which comprises vacuum tubes machines; Second Generation (1955-1965), which comprises transistors; Third Generation (about 1965-1980), which comprises integrated circuits; Fourth Generation (1980 an on) which comprises large and very large scale integration and Fifth Generation, which comprises invisible computers (Tanenbaum 2006, pp. 13-26).

⁸¹ See Appendix 2 for a brief description of these machines

⁸² There are many ways to study the history of a technological topic. One of the most neglected, but also the most revealing, is to look at the companies advertising material. In a technical field such as computing, buying decisions, as expressed in such materials, are often based on a complex blend of 'atmospheric' messages. Using the way mentioned, the Computer History Museum presents some of the more important technologies, companies, and applications in computing from 1948 to 1988, covering the period from mechanical and relay-based computers to those based on the microprocessor. The museum pages contain a large list of original companies' brochures with highly-detailed technical information about the products. (URL: <http://www.computerhistory.org/brochures/index.php>).

technologies). The invention of microcomputers happened along with a set of other inventions. The calculation devices and in particular modern computers were complex technological systems that made incremental improvements in individual components. One of the most important results of the evolution in electrical (but also chemical) and electronic technologies can be seen in materials and product substitutions, from vacuum tubes to transistors (semiconductors), from electro mechanics to electronics, from computers to microcomputers and in particular the modern ones, those machines that can be programmed.⁸³ Indeed, at each period of computer industry evolution, technological opportunities led to the founding of new segments, being mainly the technical progress in electronics that expanded said opportunities and defined competition forms.

The rise of electronics and computers is described and analyzed — among others — by Freeman and Soete (1997, pp. 154-187) and also by Freeman and Louça (2002, pp. 301-355). The older mechanical and electromechanical calculators and other devices could already perform some of the functions of modern computers before and during the Second World War, but it was the electronic computer, from the early valve tube computers to those using semiconductor technology and integrated circuits, which totally transformed both the range of potential applications and their cost.⁸⁴ The Microprocessor Revolution of the 1970s and 1980s has further increased the number of components with a significant cost reduction, but the more recent important effect is its pervasive application in all economic sectors.

Chip manufacturing capability is considered the primary driving force of the computer industry. More and more transistors per chip are packed every year and more transistors means larger memories and powerful processors. This evolution of the computer industry was empirically observed and has become known as Moore's

⁸³ "Although not so spectacular as the Integrated Circuits (IC) Revolution of the 1960s, the discovery and improvement of electronic components had been going on since early in the twentieth century, and had made possible numerous innovations in radio, radar, and television. This was especially true of the so-called *active* components – valves and transistors. It was the innovation of combining these components, at first in small but later in enormously large numbers, on one 'integrated' circuit chip that made possible the spectacular reductions in cost and improvements in performance of both electronic consumer goods and capital goods, such as computers." (Freeman & Louça 2002, pp. 303-304).

⁸⁴ An integrated circuit (IC, microchip, silicon chip, computer chip or chip) is a miniaturized electronic circuit – thus, a closed loop network to give a return path for the current – consisting mainly of semiconductor devices. Microprocessors are typically digital ICs that use binary mathematics to process 'one' and 'zero' signals. One or more microprocessors (μ P) typically serve as a CPU (because it fits onto a single semi-conducting IC the function of a CPU).

law (because it was enunciated by Gordon Moore, co-founder and former chairman of Intel). Initially, the number of transistors per chip that yield the minimum cost per transistor has increased at a rate of roughly a factor of two per year, but today, Moore's law is often expressed as the number of transistors doubling every 18 months, thus about a 60 percent increase in transistor count per year (See Figure 26). Moore's law has created economies of scale—in silicon chip manufacturing—, because advance in technology leads to better products and lower prices, but also new applications that lead to new markets and new competitors (Tanenbaum 2006, p. 28).⁸⁵ In other words, Moore's law dealt with more than just shrinking transistor sizes, it was ultimately interested in reducing transistor costs, and therefore in the effects that cheap computing power would have on an economic context.

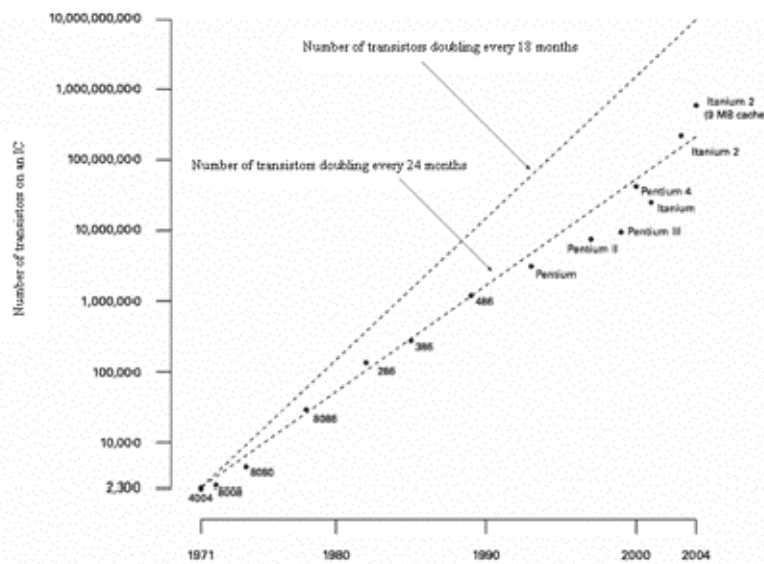


Figure 26: Moore's Law (Source: Tanenbaum 2006, p. 27)

The rapid growth in demand for personal computers may be seen in the World Development Indicators of the World Bank. In less than a decade, the number of personal computers became 3 times bigger in low-income countries, 2 times bigger in the middle-income and high-income countries, being 4 times bigger in Europe & Central Asia countries and almost 6 times bigger in the East Asia & Pacific countries. The number of personal computers understates the total use of computers, but it is still

⁸⁵ Another factor driving technological improvement is Nathan's first law of software (due to Nathan Myhrvold, a former top Microsoft executive) that states "software is a gas. It expands to fill the container holding it". Software continues to acquire features and creates a demand for faster processors, bigger memories and more I/O capacity (Tanenbaum 2006, p. 28).

useful to notice today's tendencies of 'commodities' usage of computers, in particular in the high-income countries in which in 2003 there was roughly 1 personal computer for every 2 people (See Table 5).

	Personal Computer* per 1,000 people 2003	Personal Computer per 1,000 people 1996
Low income	6.9	2.3
Exl. China & India	..	..
Middle income	42.9	21.6
Lower middle income	35.6	17.1
Upper middle income	100.6	30.5
Low & middle income	28.4	8.7
East Asia & Pacific	26.3	4.5
Europe & Central Asia	73.4	17.4
Latin America & Carib.	67.4	23.2
Middle East & N. Africa	38.2	17.1
South Asia	6.8	1.5
Sub-Sahara Africa	11.9	..
High Income	466.5	224.2
Europe EMU	317.2	..

*Data are from the International Telecommunication Union's (ITU) *World Telecommunication Development Report* database.

Table 5: The Information Age: Personal Computers per 1,000 people
(Source: World Development Indicators, World Bank)

One will easily agree that there is more to a computer than its being a hardware and software arrangement. But social and machine evolution is more complex than one may think and by revisiting its history it is possible to notice some transformations. Therefore, it is difficult to affirm that the computer is itself an autonomous driver of 'social' change or it is a social construct and society-shaping (or both simultaneously). Yet it is not difficult to show that having started out as calculators, computers turned into a 'window' onto a global network.

Computers were invented to "compute": to solve "complex mathematical problems," as the dictionary still defines that word. They still do that, but that is not why we are living in an "Information Age". That reflects *other* things that computers do: store and retrieve data, manage networks of communications, process text, generate and manipulate images and sounds, fly air and space craft, and so on. Deep inside a computer are circuits that do those things by transforming them into a mathematical language. But most of us never see the equations, and few of us would understand them if we did. Most of us, nevertheless, participate in this digital cultural [...] we can use all the power of this invention without ever seeing an equation. As far as the public face is concerned, "computing" is the least important thing that computers do. (Ceruzzi 2003, p. 1)

14.2.1.2. Computer organizations: stages of evolution

The micro and macro-economic dimensions of the innovation process is fundamental to understand economic dynamics. From a historical view, Freeman and Soete (1997) analyzed a firm's behavior and its national environment, and compile its technological patterns. It cannot be sustained from historical and statistical evidence that higher or lower concentration, and a variety of behaviors leading to better innovative performance, is according to the firm's size and strategies (including scale of R&D), and do not *per se* determine the outcome in early stages of evolution (of an industry or technology), which can be very different from later stages (Freeman and Soete 1997, p. 240). Social and political context, growth and development of nations, technological diffusion, policies for sciences and technology, are some of the major concerns at the national and global levels. Clearly computers are a suitable example of changes in these aspects, because they naturally demonstrate the configuration of innovations and patterns of structural change. Freeman and Louça (2002, p. 303) pointed out that even if the ICT Revolution is still in a relatively early stage, the emergence and formation of a constellation of innovations —that start with the core input of microelectronics and continues with computer and software industry, and with new infrastructure — have had economic and social impact that is already evident.

For the reasons mentioned above, the previous paragraphs were written as a brief overview of evolution of the calculator, and the following are confined to recount the emergence of modern computers. Moreover, even if descriptions of processes and organizational patterns — including their relation with the emergence of new activities, and vice-versa — are beyond the scope of this work, it is fundamental to acknowledge the reciprocal dependence between the industrial sector and the economic system as a whole. It is impossible to understand innovations and their consequences without simultaneously emphasizing the market context and the way that sectors or firms recognize and deal with market opportunities.⁸⁶ It is from the interrelation between aggregate levels and simultaneous top-down and bottom-up

⁸⁶ It is considerable the debate and discussion, particularly in the management literature, about resource-based and capabilities perspectives of the firm by which the competitiveness and economic fitness of firms are considered as successfully operating. But, as mentioned, this work does not deal with firm's behaviour or with a firm's strategic dimensions.

processes that the patterns of change at industrial and economy levels emerge. There are no strong measures or indicators that prove the magnitude of change (Ehrnberg 1995, p. 445). Anyhow, descriptions focused on understanding the dynamics that are within single cases, are useful. In this aspect, a clear example related to computers, is the evolution of IBM as a firm close linked with innovation processes and with economic mechanisms in a global environment.⁸⁷ Moreover, and in agreement with Williams (1997, p. 381), the present work considers it quite impractical for the current purpose to follow all the different organizations that opted for an entry into the commercial development of computers. For this reason, just the equipment and discoveries produced by IBM are noted, this does not imply that IBM is currently a leading firm, and because it has been one of the pioneers and a large organization that has had a huge impact on the computer industry.

The Bundy Manufacturing Company (1889) was the first recording company in the world, and it later became a key component of Computing Tabulating Recording Company (CTR). CTR was formed in 1911 through a merger of three separate corporations that manufactured and sold machinery ranging from commercial scales and industrial time-recorders to meat and cheese slicers, along with tabulators and punched cards. In 1924 CTR was renamed International Business Machines Corporation (IBM).

In 1920 the company introduced a printing tabulator and the lock autograph recorder. Even when the printing tabulator permitted further mechanizations of tabulation process, it was not the kind of innovation that changed the patterns of economic activities. During this second decade of the 20th century International Business Machines Corporation (IBM) expanded its business both geographically and functionally. During the 1920s IBM focused on providing large-scale, custom-built tabulating solutions for businesses —leaving the market for small office products to other providers— and expanded company operations to Europe, South America, Asia and Australia.

⁸⁷ A decade-by-decade (but as well a year-by-year) history of the evolution of IBM —including all the products announcement and developments— is available on IBM web site (URL: http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/history_intro.html). The brief history here presented has the aim to illustrate changes within an industry through using examples that show the emergence of new activities and industrial sectors.

During the Great Depression of the 1930s, IBM managed to grow while the rest of the U.S. economy floundered. In 1933, IBM completed one of the finest modern research and development (R&D) laboratories in the world at Endicott, New York. In the same year, an entirely new product unit — the Electric Writing Machine Division — was added IBM's organization, and a couple of years after, IBM launched a new line of business with the introduction of the International Proof Machine (used to clear bank cheques). At the same time IBM held its first training class of professional women for systems services (at Endicott). IBM introduced new business organizational methods: indeed it was among the first corporations to provide group life insurance, survivor benefits and paid vacations. Behind these changes in business methods, although they were not technical innovations, there were changes in employment, investment and changes in lifestyle; thus, these changes contributed in a period of a few decades to transform the economy. These were some of the changing patterns of production in the U.S. economy that characterized its modern capitalistic system.

When the Second World War began, all IBM facilities were placed at the disposal of the U.S. government. IBM's product line expanded to include bombsights, rifles and engine parts — in all, more than three dozen major ordnance. During these years, the Automatic Sequence Controlled Calculator (Harvard Mark I) was the machine that could execute long computations automatically. In 1948 IBM introduced the Selective Sequence Electronic Calculator as the company's first large-scale digital calculating machine, the successful 604 Electronic Calculating Punch and the Card-Programmed Electronic Calculator.

In 1943, Penn's Moore School of Electrical Engineering (for the U.S. Army Ballistics Research Laboratory) began the production of an Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC). ENIAC used vacuum tubes, but IBM began to use vacuum tubes only during the 1950s. IBM made a number of key technological changes in that decade. During this period IBM introduced its 700/7000 series, which were a series of large scale (mainframe) computer systems. The series included several different and incompatible processor architectures, which used vacuum tube logic. However, these models were made obsolete by the introduction of the

transistorized 7000 series.⁸⁸ Also during this decade IBM made FORTRAN (FORmula TRANslation) scientific programming language available to customers. FORTRAN becomes the most widely used computer language for technical work that has been in continuous use in computationally intensive areas for half a century.⁸⁹ In 1956 IBM introduced the first computer to use disk storage: RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control). The IBM 305 RAMAC computer system was the first computer to use hard disk drive or magnetic disk storage.⁹⁰ Although the first disk drive was crude by modern standards, it launched a multibillion-dollar industry.⁹¹

The 1950s distinguished a new generation of IBM's leadership with a period of rapid technological change. Indeed, the company management foresaw the role computers would play in business, and IBM made over from a medium-sized maker of tabulating equipment and typewriters into a computer industry leader. IBM's way to sell technology implemented in 1969 is one more example of innovations in organizational strategy. Rather than offering hardware, services and software exclusively in packages, marketers 'unbundled' the components and offer them for sale individually. Unbundling allowed IBM to become the multibillion-dollar software and services industry, and to still be a world leader today.⁹²

⁸⁸ The IBM 7090 (a version of the earlier IBM 709 vacuum tube mainframe computers), one of the first fully transistorized mainframes, was designed for large-scale scientific calculations and could perform 229,000 calculations per second. The U.S. Air Force used it to run its Ballistic Missile Early Warning System.

⁸⁹ Around 1960 people tried to reduce the amount of wasted time by automating the operator's job using a program called operating system that was kept in the computer at all times. One of the first widespread operating systems was FMS (Fortran Monitor System) on the IBM 709 (Tanenbaum 2006, p. 10).

⁹⁰ Magnetic disk storage is a critical component of the Computer Revolution and it is a category of data storage mechanisms for computers. Reynold Johnson, an inventor who worked for IBM, developed the disk drive. Johnson obtained more than 90 patents and, after his disk drive invention, he thought up the idea of the tape cassette.

⁹¹ Indeed, IBM's has a positive revenue growth during the second half of 1950s, growing at 7% between 1956 and 1957; with a growing employee's engagement per year from 56'297 employees in 1955 to 72'504 in 1956 (and 83,588 in 1957). The IBM's growing percentage of revenues were the follows: 1954: +15%; 1955: +22%; 1956: +28%; 1957: +35%; 1958: +18%; 1959: +14%. And the net earnings yearly increase were: 1954: +51%; 1955: +22%; 1956: +19%; 1957: +26%; 1958: +38%; 1959: +16% (URL: http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1950.html).

⁹² According to Fombrunas and Rindova (1999, p. 701) IBM ranks as one of the most admired companies throughout most of the 1980s. This reflected the cumulative interpretations of observers rather than the current state of the firm, so this position of the firm in the interpretational domain served as a confirmation of its strategies and did not urge a company-wide overhaul of its micro-culture and resources (See Figure 29). And according to *BusinessWeek* (July 2002), IBM ranked in 8th position in 'How the Giants Stack Up', and according to 2004 Information Technology 100, another *BusinessWeek* ranking that used financial data from Standard & Poor's, IBM was at 10th position of the ranking, being the first one of 'The Biggest' companies, and according to *Fortune* America's one of the most admired Companies 2006 - ranking which companies have the best reputations during 2006. IBM is ranked at 19th position of Top 20 Rank (20th position in 2005 and 19th in 2004) and in 1st position amongst the Computer Industry Rank (also in 2005), thus it is the most admired company in the computer industry (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmired/>).

Significant inventions took place during the 1960s. One of them was widely adopted throughout the industry, where it remains in widespread use today: the One-Transistor Memory Cell or One-Transistor Dynamic Random Access Memory (DRAM).⁹³ Another was a ‘family’ of computers, introduced by IBM in 1964, in which distinction between architecture and implementation was clear. It was the System/360 (S/360), a mainframe computer, the first large ‘family’ of computers to use interchangeable software and peripheral equipment.⁹⁴ Also, during the 1960s, IBM provided the space program for the U.S. Space Agency (NASA) with computing power, and during the 1970s contributed to NASA — during Apollo 15, 16 and 17 — providing human resources and products and developed a telemetry online processing system (TELOPS).

Also, this decade represents a turning point in sciences and mathematics, when Benoit Mandelbrot, a scientist working at IBM research centre, published an article introducing Fractal Geometry. Mandelbrot's new theory, but in particular the Mandelbrot Set discovered in 1980, is a clear example of the impact of progress on calculations (and computer power), because the order behind the chaotic production of numbers created by the Mandelbrot set can only be seen by computer calculation and two-dimension graphic portrayal of these numbers. This new concept is applied in such diverse fields as economics, linguistics, meteorology, demography and also arts (music and sound theory). Moreover, these inventions could be thought of as a paradigm change in Kuhn's sense, because they represent a destructive change in beliefs about the nature of geometric objects.⁹⁵

During the 1970s important computer developments and IBM announcements took place. The floppy disk (or diskette), invented by IBM in 1971, was used by the service staff to record maintenance information on IBM's mainframes, but then was

⁹³ DRAM is a one-transistor memory cells that stores each single byte of information as an electrical charge in an electronic circuit. It was invented in 1964 by an IBM scientist Robert Dennard. This invention permitted major increases in memory density.

⁹⁴ S/360 also permitted dramatic performance gains, thanks to the introduction of new technology, the Solid Logic Technology (ceramic modules containing circuitry far denser that improves the earlier transistors performance). IBM initially announced a family of six computers and forty common peripherals, but IBM actually delivered fourteen models, including rare one-off models for NASA. It was extremely successful in the market, allowing customers to purchase a smaller system with the knowledge they would always be able to migrate upward if their needs grew. The design is considered by many to be one of the most successful computers in history, influencing computer design for years to come. All System/360 models were withdrawn from the market by the end of 1977 (URL: http://www-03.ibm.com/ibm/history/history/decade_1960.html).

⁹⁵ About structural change and paradigms, see Chapter 7 and 9.

adopted by personal computer manufacturers — such as the Apple II, Macintosh, Commodore 64, Amiga, and IBM PC — to store and distribute software (application and operating system) for sale, to transfer data between computers and to create backups. Floppies became the standard for storing personal computer data until it was switched to hard drive for PCs and CD-ROM.

In the mid-1970s, IBM introduced the IBM 5100 Portable Computer, a desktop machine that increases computer capabilities to solve problems, serving as a terminal for the System/370. At about the same time, IBM developed the Universal Product Code (UPC), a method for embedding pricing and identification information on individual retail items introducing IBM's supermarket checkout station. It also introduced IBM 3614 Consumer Transaction Facility — an early form of today's Automatic Teller Machines— and bank customers began making withdrawals, transfers and other account inquiries. In 1977, IBM's Data Encryption Standard (DES) — an enciphering and deciphering algorithm — was accepted as a standard by the U.S. National Bureau of Standards.

IBM also contributed by improving computer-related methods, and investing — financially and organizationally — in the infrastructure and expertise required to sell and support its own improvements and developments. For example, at the beginning of 1970s an IBM researcher (Ted Codd) created the relational model for database management.⁹⁶ Today almost all database structures are based upon the relational database concept. In 1978, IBM announced the mid-range IBM System/38, a general-purpose computer that incorporates new semiconductor technology and was the only commercial computer with a built-in relational database.

The early 1980s marked the beginning of a new era in computing, and in 1981 IBM introduced its Personal Computer (PC), which led the use of computers in homes and small businesses.⁹⁷ IBM PC had an immediate success and quickly became the industry standard launching a whole industry of IBM-compatible 'clones', software

⁹⁶ The model permits data independence from hardware and storage implementation, and store and share information, within a computer arranged in easy-to-interpret tables so that non-technical users can manage and access large amounts of data.

⁹⁷ The IBM Personal Computer starting price of about US\$ 1,500 was the lowest-priced IBM computer of the time.

and accessory equipment.⁹⁸ When designing the PC, IBM for the first time contracted the production of its components to outside companies: Intel and Microsoft. The processor chip came from Intel and the operating system, called MS-DOS (Microsoft Disk Operating System), came from Microsoft.⁹⁹ These two companies, in the same way that IBM, have had (and still have) a huge impact on the computer industry: Intel¹⁰⁰ provided a CPU on a single chip and Microsoft¹⁰¹ provided the software program that enables the computer hardware to communicate and to operate with the computer software. According to Bresnahan & Greenstein (1999, p. 24) IBM's successful strategy combined two elements in its 'open architecture': key platform components were purchased from existing vendors, rather than developed in-house, so IBM could have its components ready upon production; and any user could add (and firms could make) other hardware or software to an IBM-compatible PC.

The computer timeline suggests that it was not IBM that introduced the first home computer.¹⁰² The improvements on electronic component—in particular the

⁹⁸ After much deliberating and observing what other companies were doing, IBM, then the dominant force in the computer industry, finally decided it wanted to get into the personal computer business, but not only using IBM parts. IBM also did something uncharacteristic that it would later come to regret. Rather than keeping the design of the machine totally secret, IBM published the complete plan in a book (for US\$ 49). The idea was to make it possible for other companies to make plug-in boards for the IBM PC, to increase its popularity. Unfortunately for IBM, since the design was now completely public and all the parts were easily available from commercial vendors, numerous other companies began making 'clones' of the PC, often for far less money than IBM was charging. Thus an entire industry started, a PC industry so large that it dominated the market. The other companies making personal computers, like Commodore, Apple and Atari, do not use Intel CPUs and only a few of them survived (Tanenbaum 2006, p. 24).

⁹⁹ "The initial version of the IBM PC came equipped with the MS-DOS operation system supplied by the then-tiny Microsoft Corporation. As Intel was able to produce increasingly powerful CPUs, IBM and Microsoft were able to develop a successor to MS-DOS called OS/2, which featured a graphical user interface, similar to that of the Apple Macintosh. Meanwhile, Microsoft also developed its own operating system, Windows, which ran on top of MS-DOS, just in case OS/2 did not catch on. To make the story short, OS/2 did not catch on, IBM and Microsoft had a big falling out, and Microsoft went on to make Windows a huge success. How tiny Intel and even tinier Microsoft managed to dethrone IBM, one of the biggest, richest, and most powerful corporations in the history of the world, is a parable no doubt related in great detail in business schools around the world." (Tanenbaum 2006, p. 25).

¹⁰⁰ According to *BusinessWeek* ranking Information Technology 100 – which uses financial data from Standard & Poor's –, Intel was in 2004 in the 13th position of the ranking, and in the 10th position of 'The Biggest' companies. According to *Fortune* one of America's most admired Companies 2006, Intel is ranked in 3rd position among Semiconductor Industry (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmirable/>).

¹⁰¹ According to 2004 *BusinessWeek* ranking Information Technology 100, Microsoft was in 49th position of the ranking, being in 8th position of 'The Biggest' companies. Microsoft is ranked in 10th position of Top 20 Rank of *Fortune* America's most admired Companies 2006 and it is in 4th position among Computer Software Industry Rank (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmirable/>).

¹⁰² With a New Economy strategic view, Kelly (1998) explained the IBM position as follows:

"The problem that IBM faced with the arrival of the personal computer in the early 1980s was not the problem of acquiring technological know-how. As a matter of fact, IBM already knew how to build personal computers better than anyone. But the package of proficiencies the blue suits had honed over the years to make IBM indomitable in the mainframe computer field could not be gradually adapted to fit the new faster-paced terrain of desktop-based computing. IBM was supreme in the old regime because their sales, marketing, R&D, and management skills were all optimally woven into a highly evolved machine. They couldn't change the size of the computers they sold without also altering their management, forecasting, and research skills at the same time. Changing everything at once is difficult for anyone, anytime" (Kelly 1998, pp. 88-89).

integrated circuit development— permitted with cost and price reduction to make the home computers possible. The Altair 8800 is widely considered as the first home computer because it was the first computer to include an Intel microprocessor and it was marketed in 1975. The Altair company, the MITS (of Ed Roberts), started with an organization of three people and became a big company in a very short time. Also MITS could easily sell everything they could make, could build and could ship more computers of one type than anyone else. Nevertheless MITS serious marketing mistakes prevented it from becoming the biggest personal computer company, leaving the place to other companies such as IBM.¹⁰³

During the same year (1975) a project to write a version of BASIC favored the creation of a partnership — between Bill Gates and Paul Allen — called Microsoft. Apple Computer, another important American computer technology corporation¹⁰⁴, released Apple II, a desktop personal computer for the mass market, which featured a keyboard, video monitor, mouse, and RAM sockets (that could hold up to 48 KB of memory). Apple II had colour and high-resolution graphics modes, sound capabilities and a built-in BASIC programming language (software was and is another key to success for Apple).¹⁰⁵

Even if there are other more successful computers — and computers-related —

¹⁰³ As pointed out by Stan Veit (URL: <http://www.pc-history.org>), editor of *Popular Electronics Magazine*, the story of the first true personal computer has many versions. The Altair 8800 computer debuted in the pages of *Popular Electronics Magazine* in January 1975 (on page 33), through an article for digital calculator written by Ed Roberts, who also design the computer kit using the brand new 8080 CPU chip. But the Altair was not the first computer featured as a construction article in a national electronics magazine, it was the Mark 8 computer and published in *Radio Electronics Magazine* in July 1974. The Altair was offered as a complete kit, not just a list of parts to buy in order to make a computer. In those days it was almost impossible for anyone outside Silicon Valley, California, where the chips and other parts were made, to find the components necessary to build a computer. The 8008 microprocessor alone cost US\$150; the more powerful 8080 usually cost US\$ 300. Altair kit for only US\$ 397 and the key of this was the microprocessor chip cost. The 8080 from Intel cost US\$ 300 in small quantities, but Roberts was able to make a deal to get CPU chips (with cosmetic defects that do not affect the electrical operation) for US\$ 75 in bulk purchase orders (for that time). The Altair kit was a box of parts, circuit boards, and some poorly written instructions, but there was a factory-assembled Altair for US\$ 498, and the delivery wait-time was much longer for an assembled unit than the estimated time to ensemble the kit. To this day nobody knows how many computer kits were sold through the magazine, but were estimated over 2,000. They had hoped for 200 sales and received 2,000. They did not even have enough parts on order and there was no way they could deliver. However, when people were asked if they wanted their money back after 30 days, no one asked for a refund. The marketing mistakes ruined the Altair, despite its success in designing and building computers (URL: <http://www.pc-history.org/altair.htm>).

¹⁰⁴ According to *Fortune* America's Apple Computer is until today the most admired company for innovation (up from last year 3rd position). Apple Computer is in the 11th position in the Top 20 Rank and in the 2nd among computers rank. (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmired/>).

¹⁰⁵ Although other companies made personal computers using non-Intel CPU's, the momentum of the IBM PC industry was so large that the other were steamrollered. Only a few survived, and these were in niche markets. One that did survive was Apple Macintosh. They introduced in 1984 the first computer to come with Graphical User Interface (GUI), similar to the now-popular Windows interface (Tanenbaum 2006, p. 25).

companies, no one can take away from IBM the fact of its long-time experience and its management and marketing success. During the early post-war period there were no private funds committed to the commercialization of the electronic computer; few people envisaged the large-scale use of computers for data processing, and both government and industry thought mainly in terms of military and scientific applications (Freeman & Soete 1997, p. 172). Even IBM underestimated the potential future market but not many companies were in the business. Indeed, almost all of the most important computers — and computer-related — companies were founded around the post-war period¹⁰⁶ and it was during the 1980s and 1990s that IBM encountered serious competition when it was obliged to reduce its labour force while its profitability declined. For example, Texas Instruments was founded in 1941 as GSI (a company that during Second World War built electronics for the U.S. Army and U.S. Navy); Hewlett-Packard Company was founded in 1939 (but only in 1968 it introduced its first 'desktop calculator'); Intel was founded in 1968 as Integrated Electronics Corporation; Apple computer was founded in 1976; Sun Microsystems was founded in 1982 and Dell in 1984 (as PC's Limited).¹⁰⁷ Moreover, the IBM management, world-wide services and sales organization have been examples of successful corporate strategies¹⁰⁸ and the IBM PC success is a clear example. Leaving aside technical specifications, it is noteworthy that IBM PC became the leader in the market considering, for example, that prices of IBM PC were around 17% more expensive than Apple II.¹⁰⁹ But unlike Apple, which had proprietary hardware and software, the IBM computer soon benefited from a flood of programs designed by outside companies — such EasyWriter (for word processing), VisiCalc (the first spreadsheets software) and accounts payable and receivable software. Additionally, IBM counted on third-party distribution channels to sell its PCs and other products that permitted an extensive distribution across the U.S.

¹⁰⁶ With the exemption of NCR that was founded in 1884. NCR was one of the first modern American companies, introducing new, aggressive sales methods and business techniques.

¹⁰⁷ Non-American companies like Sony were founded in 1946 (as the Tokyo Telecommunications Engineering Corporation) and Toshiba was founded by the merging of two Japanese companies in 1939 and was responsible for a number of Japanese technological leadings, such as the TAC digital computer in 1958, the microwave oven in 1959 and laptop personal computer in 1986.

¹⁰⁸ Even if according to Hoffmann (1976 in Freeman & Soete 1997, p. 1975) IBM tended to imitate, picking up the most important scientific and technical advances from universities and from competitors.

¹⁰⁹ According to the August 1981 press release announcing the IBM PC the price oscillated from US\$ 1,561 to US\$ 4,425, while Apple II prices oscillate from US\$ 1,298 to US\$ 2,638. (URL: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/documents/pdf/pcpress.pdf>)

Therefore, the IBM outlook is useful to understand how industrial innovation affects economic dynamics. Also, according to Freeman and Soete (1997, p. 225) the example of IBM illustrates two of the most important driving forces of technological change: the increasing complexity of technical change and the systemic nature of many ICT innovations:

In the 1950s and 1960s IBM had hardly any collaborative R&D arrangements and came very close to autarchy in its own immense R&D facilities; in the 1980s and 1990s IBM has made dozens of collaborative arrangements with other firms, large or small, in a variety of industries. (Freeman & Soete 1997, p. 225)

Observing IBM history it is possible to identify important stages of the evolution of the computer industry in general. It is true that the computer industry organization is more complex and complicated than a concentrated firm with persistence in an industry segment with a dominant platform. Different segments form the overall computer industry, such as the minicomputer,¹¹⁰ mainframes and microcomputer segments. IBM's mainframe and personal computers are examples of platforms within a segment of market. Platforms have been organized and controlled by sellers in different ways, as in the personal computers case. The IBM PC platform was controlled at first by a single firm, but later decentralization led the control to Microsoft and Intel (Bresnahan & Greenstein 1999, p. 3). The explanation supplied by Fombrunas and Rindova (1999, p. 704) suggests that IBM lost its advantage because it could not reinvent the strategic plot that aligned its resources and micro-culture, and so it could not respond to the new definitions of success and resource allocations of constituents (See Figure 29). It is also true that the computer industry's early stages were very different than the later ones. But in any of these stages of evolution in the computer industry, IBM has always had a noteworthy role. The next paragraph recounts some of these important changes in the structure of computer industry.

Looking at the history of computers some patterns of change could be identified into the structure of computer industry. The work of Bresnahan and Greenstein (1999) contains important clues on this matter. Before the advent of the microprocessor in the

¹¹⁰ The present work does not examine the minicomputer segment. This segment differed from the mainframe and microcomputer. Also, the minicomputers manufacturers, such as DEC and Hewlett-Packard, did not compete with IBM, they were not defined as computer manufacturers: they made 'controllers' and 'instruments' (Bresnahan & Greenstein 1999, p. 13). Within a technological competition context a brief analysis about the minicomputer segment (*When a platform is neither dominant nor persistent: minicomputing*) is available in Bresnahan & Greenstein, 1999, pp. 12-15.

early 1970s, computers were generally large, costly systems owned by universities, government agencies, and similar-sized institutions, and the computer industry. The computer industry market was dominated by the mainframe segment with a single computing platform, the IBM System/360, so the resulting market structure was quite concentrated (Bresnahan & Greenstein 1999, p. 5). By the early 1970s the minicomputer business allowed new entry competitors but there were accentuated differences between segments. In the mid-1970s early microcomputer platforms avoided competition because the new segment was defined by the speed of the CPU and the type of user, typically an individual ‘hobbyist’ who could assemble and program his own computer. The users of computers increased because microcomputers were cheaper than minicomputer and the costs of complex distribution and support structures were also avoided, because the diffusion and sales of these platforms depended on the sharing of technical information within a ‘hobbyist community’ (Bresnahan & Greenstein 1999, p. 17). The 1980s were a period of stability in the structure of the computer industry, with the obvious exception of the IBM PC. According to Bresnahan and Greenstein (1999, p. 22), the market in 1980s remained largely segmented in which IBM dominated the market segment of PCs. The IBM PC was not compatible with any of its predecessors. IBM PC was a vertically disintegrated invention, an open design (‘open architecture’), and a sponsoring firm taking the lead. Thus, IBM used other firm’s technology in key areas: microprocessor (Intel) and operating system (Microsoft). In the early 1990s the computer industry went through a ‘competitive crash’, in which seller rents were drastically reallocated across market segments. First, firms supplied different segments and then they competed for the same one. Before the 1990s the computer industry had a stable structure, but the nature of competition for the control platforms changed, becoming a more competitive industry with a new market structure: ‘divided technical leadership’. The divided technical leadership makes firm entry easier, eluding IBM’s dominant position as a firm and platform: the IBM PC platform was controlled first by a single firm, but later decentralization led the control to the ‘Wintel’ platform (Bresnahan & Greenstein 1999, p. 3). The mentioned features and tendencies represent the facts that compose each stage in the computer industry history, and they are represented in an unsophisticated way (missing some of the PC companies and platform) in Figure 27.

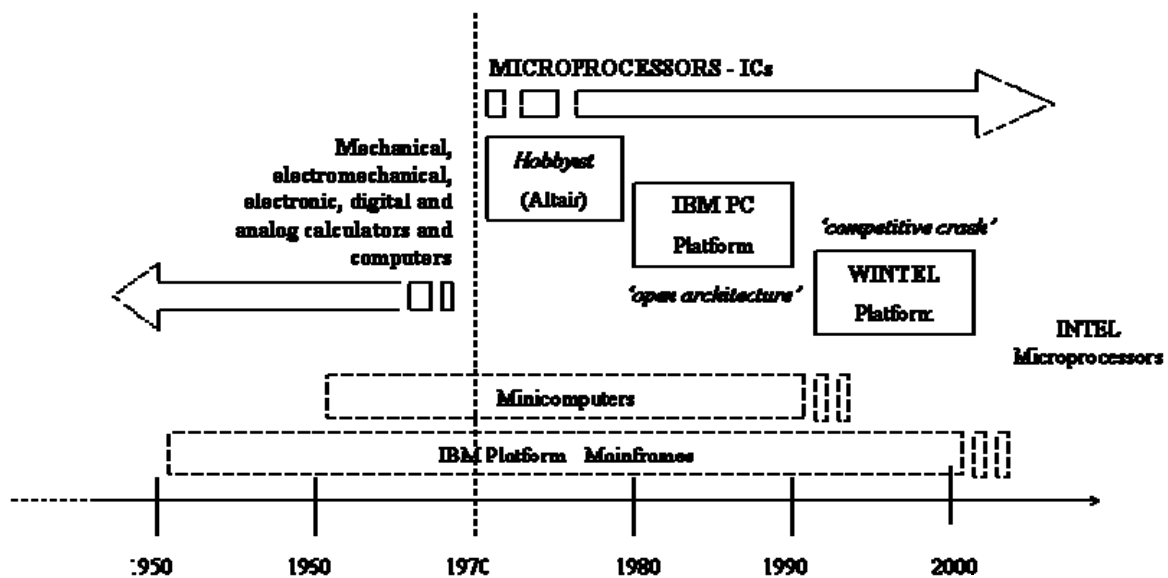


Figure 27: Computer industry evolution and competition. (Source: own representation)

14.2.1.3. Some approaches and patterns of the computer economic impact

In relation to the main concern of this work — the economics of structural change — the above considerations about computers allow one to observe how some factors, such as innovation, produce profound transformations in the economy at any level. The system approach is helpful to understand the technological change. As IBM's history shows how a set of factors and conditions led to an invention, such as the integrated circuit chip, which turned out to be the core input for a new industry configuration and subsequent new economic and social configurations. The integrated circuit example used here is significant in computer industry analysis, and in particular when referred to a company's evolution, in this case IBM. The adoption of the integrated circuits technology in computers was also used in a large catalogue of products like: modern telephones, digital cameras, VCRs, cars, microwave ovens, CAT scanners, toys, aircraft, supermarket scanners, and others; all these devices are controlled by a basic computer (CPU, program, etc.). Besides, the Electronic Revolution, marked by the introduction of the first high-speed electronic automatic computer (the ENIAC), introduced an era of possibilities never before available to the field of computation. Before that, mechanical calculators, slide rules and manual or

mental calculation were the world's main methods of calculation. The mechanical calculators were limited in scope and required the constant attention of a human operator to supply them with numbers and to record on paper the result of each stage of the calculation before proceeding to the next one. Thus, even if these machines save time and mental effort, they are not fast enough where very large quantities of numerical data have to be handled. Mechanical calculators are not considered true predecessors of the modern electronic computers, but they were vital as stepping stones (Williams 1997, p. 209), permitting one to envisage the impact that the electronic computer has. The electronic computer was one of the most significant developments of the century because it enabled the expansion of knowledge in almost every field through limitless quantities of accurate, inexpensive computation performed at high speeds. So, if one considers the range of computer technological devices and how computers affect society and the economy, these effects leads us to a better understanding of what structural change means.

There are alternative frameworks that were used to study technological change, based on different methodological approaches. The most common perspective has been one of formal methods, using models and statistical analysis. However, recently other ways to analyze technological change are used, and one of the more fruitful is the systemic approach. But, even the studies based on formal methods¹¹¹ have shown that there are no specific ways in which some patterns were achieved.¹¹² Another approach used to analyze the history of computing has been social constructionism. It emphasizes that there is no best way to design computing systems or to integrate them to social networks, because what emerges as a stable configuration is as much the result of social and political negotiation among a variety of groups (including engineers) as it is the natural emergence of the most efficient or technically best design. However, literature that adopts the social constructionist approach is only informal (Ceruzzi 2003, pp. 4-5).

¹¹¹ As for example the cross countries studies to detect regularities and technology analysis focused on research expenditures and patents.

¹¹² Indicators are useful as a first way of getting some 'feeling' of the relation between growth rates and technology and to try to detect some regularity in growth performance of nations or firms (Verspagen 1993, p. 96).

The intents to list the reason *why* computers have an impact on the economy, and on society are useful for the awareness of the nature of social and economic impact due to them. But, in this case computers are used as a strategy to recognize structural change processes, and to mention some properties and patterns that characterize the dynamics of these technological innovations.

The most common way in which we investigate how computers impact society, and therefore the economy (and vice-versa), is through defining categories as: *accessibility, reproducibility, distributability, surveillance, time and space reductions, communications protocols, illusion of precision*, and so forth. These categories are also valid for the Internet example presented in Section 14.2.2 14.2.2. In spite of the above mentioned categories –as well as the economic relevance factors in the next paragraphs- they have, undoubtedly, technical and sociological relevance, but they are difficult to express in a model.

Complex processes involve multiple levels: (i) the gestation of change — thus, the innovation or systems of innovations —, (ii) the change itself — and so the diffusion and adoption of new product — and (iii) the subsequent novel structure — thus, the new social and economic structure. For example, computers and in particular the brief history of IBM permits us to identify some common patterns of technological innovation and alerts us about the uncertainty of the responses or emergent properties, and so as a result it is difficult to predict the new system configurations. These similarities like some patterns of technological innovations, which will be mentioned next, are pervasive in both cases here presented: Computers and the Internet.¹¹³

At an industrial level, the most apparent pattern is the transformation of industrial sector composition. Until the IBM PC, new computing technologies substitute the old ones, creating a new market sector. Because of this there was a structural transformation of the economy as a result of the emergence of some new sectors based on the dominance of new technologies. The simple representation of a ‘technological discontinuity’ (See Figure 28) presented by Ehrnberg and Jacobsson (in Ehrnberg 1996, p. 199) have described the process by which an emerging

¹¹³ A description of the Internet is presented in Section 14.2.2.

technology is first incorporated in a new product, and thus an innovation takes place. But also, new market sectors emerge by means of new suppliers and new users. Technological discontinuities often have disruptive effects on the structure of an industry: the industry frequently de-matures and exhibits new characteristics; industry faces new entrants and established firms adjust to the new technology. In the particular case of personal computers, there was a first interval in which the firms supplied the product to compete (or to begin to capture market), there were many companies making PCs and using non-Intel CPUs (Commodore, Apple, Atari, etc.). But the *momentum* of the IBM PC industry was so large, that others were driven out of the market and only a few survived (one that did survive was the Apple Macintosh¹¹⁴), and these were niche markets (Tanenbaum 2006, p. 24-25). The industry PC *boom* started based on IBM PC standards, and it was possible for other companies to make plug-in boards for the IBM PC, but also to lead other companies into making IBM's PC 'clones'. The Ehrnberg and Jacobsson (1996) figure serves as a simple framework to represent this sequence or transition.

From a microeconomic viewpoint, some works consider competitive advantages of a firm. Fombrunas and Rindova (1999) interpreted the competitive advantages as a result of the interrelation between the organizational level and the firm itself, and show how firms reciprocally determine the environments in which they compete, and how the competitive advantage is a systemic outcome, resulting from material and communication (interpretation) processes. Given that competitive advantage is a systemic outcome (rather than isolated activities), Fombrunas and Rindova (1999) divided the competitive interactions into material and interpretational and presented these interactive processes of competitive advantage creation in a framework (See Figure 29). The IBM case is analyzed using this framework, considering also the competitive terrain on which computer industry competition was unfolded.

¹¹⁴ Nevertheless, it was not a long time ago (2006) that every new Apple Mac began to be powered by Intel chips, thus new hardware within Intel processors (URL: <http://www.apple.com/pr/library/2005/jun/06intel.html>).

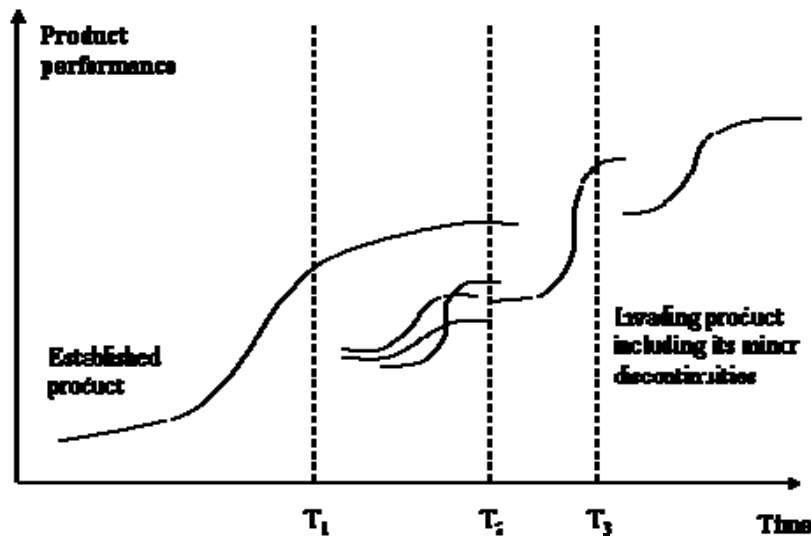


Figure 28: A technological discontinuity including its ‘minor’ discontinuities.
(Source: Ehrnberg and Jacobsson in Ehrnberg 1996, p. 199)

Technology-related research has focused its attention on R&D at every level, from the firm strategy view to national policies. There is a wider choice of policies that can be adopted for R&D by any firm or country.¹¹⁵ The patterns that are observed in the computer industry — on the Internet as well — which concern R&D, are related to the allocation of resources for knowledge, production and technical activities. The most frequent R&D laboratories have been the universities, and as shown for the case of computers, many of its modern digital advancements were made at university laboratories, such as the Harvard Machines (by Harvard University). The universities have also been the source of new and improved products for the industry, like the Harvard Machine Mark I whose construction was undertaken by IBM.¹¹⁶ Another starting place of research and inventive activities has been the drive to improve military technology, and in computer industries there are many examples,

¹¹⁵ “U.S. industry, U.S. universities, and the U.S. government still had enormous R&D capability as well as determination to wrest back their lead from Japanese competition. The development of the microprocessor by Intel in 1971-2 was one of the decisive events that transformed both the semi-conductor industry and the computer industry, since it meant that a ‘computer on a chip’ could be manufactured very cheaply and on a vast scale. Intel became the leading firm in the semi-conductor industry and by 1994 there were more than three U.S. firms among the top six in world-wide sales. Aided by cooperative R&D and by government support through the ‘Sematech’ project, U.S. industry had successfully fought back.” (Freeman & Louça 2002, p. 308)

¹¹⁶ Yet the universities’ role has an additional implication in the case of computers. Besides the aspect that computers were designed and developed by research departments and laboratories of universities, there is another layer of academic world affected by computers: the transformation of research and teaching of computer programming by computer industry development. Although universities have been teaching courses on computing sciences since the 1950s, the technological advances of the 1970s transformed computer sciences education. Universities wanted their students to become familiar with the kind of systems that they would find in the industrial world upon graduation. Additionally, a generation of computer sciences students were influenced by the programming language they learned; the students were also testers. And finally, some universities distributed their developments to academic computer centers. (Ceruzzi 2003, pp. 201-203)

such as the Mark II, that was a result of a request from the Naval Proving Ground (Dahlgren, Virginia), and ENIAC that was designed and built at the University of Pennsylvania (by the Moore School of Electrical Engineering) to calculate artillery-firing tables for the U.S. Army's Ballistics Research Laboratory. As quoted by Ceruzzi (2003, p. 112), military funding was channelled into research departments at prestigious universities, provided an alternative source of knowledge to that generated in large industrial laboratories; and in turn this knowledge allowed individuals outside established corporations to enter the computer industry –thus, its effects on computing was dramatic. According to the process by which new and improved products become more complex, the R&D suppliers are interrelated and their role varies, thus universities, firms, governments interchange funds and knowledge between them; and the IBM example shows these interrelations between the different sources of R&D. The research in the computer sector - as the IBM case confirms- illustrates the changes and their importance in the economy of the twentieth-century. Awareness of these changes becomes a strategic key to success, where more and more firms become research intensive (or research demanding).¹¹⁷

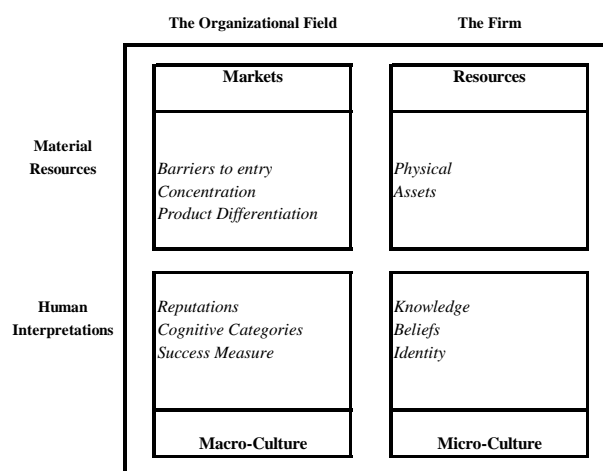


Figure 29: Sources of competitive advantage. (Source: Fombrunas and Rindova, 1999 p. 693)

¹¹⁷ There are many examples of studies and works on R&D. One of them is the OECD Economic Studies and indicators about R&D and productive growth and also an OECD book (2006) entitle *Government R&D Funding and Company Behaviour: Measuring Behavioural Additionality* about how government funding of corporate R&D affect the behavior of firm. Also the *Third European report on sciences & technology indicators 2003* from the European Commission contains data and analysis about R&D. For a theoretical introduction about this aspect see Freeman and Soete (1997, pp. 5-17).

Other kinds of patterns to study the economic impact of innovations are the innovation clusters¹¹⁸ (or technological clusters) and scientific outputs. The first one is linked to Porter's concept of clusters of innovations and is used as a framework to evaluate cluster competitiveness and innovative performance at the regional level.¹¹⁹ A familiar computer-related example about clusters is Silicon Valley,¹²⁰ where companies like Apple Computer and Intel are located. Moreover, the largest employers of Silicon Valley are the U.S. federal agencies, such as the U.S. Defense Department and NASA, who fund the research and developing computing technology. These agencies represent social and political, not engineering, drives (Ceruzzi 2003, pp. 112-113). This computer cluster served as a driver of innovation through the adoption of technology and partnerships. The scientific output or scientific performance is commonly measured using certain criteria. The common criteria to measure scientific output are the quantity of patents, publications or Nobel prizes by geographic area. Such kinds of indicators are easily found as measures of the computer industry's scientific performance. For example, IBM scientific efforts turned into Nobel prizes on five occasions — and other kinds of awards and achievements were also attained.¹²¹ Also, since 2005 IBM has held more U.S. patents than any other company in the world. However, these techniques for measuring scientific performance, which are taken as signs of innovations (of firms, countries or regions), have a narrowed influence on our work.¹²²

Several other examples of computer impact on patterns of production appear when examining the computer history. Many facts and fields were interrelated, and these contributed to innovation development. With the advancements of scientific fields some problems could be expressed in other ways, and software advancements permitted people to solve or minimize the time of calculation for these problems. Thus, in considering software evolution, it is possible to envisage the many practical problems that could be solved thanks to these advancements.¹²³ The mathematical

¹¹⁸ Considering basic innovations and radically new products, Kleinknecht (1987, pp. 57-63) presented a different conception of cluster innovations.

¹¹⁹ See, for example, Porter (1998).

¹²⁰ Another example is Bangalore that is a new and highly successful technological cluster attracting many high-tech corporations to the Indian (and Asian) area.

¹²¹ A complete list is available in URL: <http://www.research.ibm.com/about/awards.shtml>.

¹²² For information about this measure see, for example, the *Third European report on science & technology indicators 2003*, Chapter 5 and 6.

¹²³ Ceruzzi (2003, p. 200-201) cited the IBM software product CICS (developed in the late 1960s) as an example of a little recognized factor in the triumph of direct access computing. This software found many uses in the

field of linear programming and, in particular, the problems in operation research that can be expressed as linear programming problems, are good examples. Linear programming has many uses, in microeconomics and business management (i.e. maximizing income, minimizing costs, inventory management, portfolio and finance management, resource allocation for human and machine resources, planning, advertisement campaign, etc.), and linear programming also has numerous applications within theoretical computer sciences to solve, for example, combinatorial problems. In theoretical computer science, a random-access machines (RAM) was used, whose memory registers can store the computations of large numbers in unit time. Another example is the improvement of programming languages, a larger number of programs have been written entirely in low-level computer languages, such as 'assembly language'. Even when many commercial applications during the 1970s and 1980s were written in assembly (and still assembly language has specific niche uses), already in the later 1950s there were other efficient alternatives to assembly language for programming, such as FORTRAN and COBOL. Today there are thousands of programming languages, and several are high-level languages. Those advancements have permitted to every kind of users to customize computer programs to their particular situation and needs. The programming languages have also permitted to write the source code of a lot of software. The software have enabled a computer to perform specific tasks, and in particular the application software have made available to a large number of computer users — which lack computer programming knowledge — to perform ordinary tasks, such as word processing, calculations, graphics, etc. Certainly, such advancements in theory and in computers (including successive software) were improvements to sciences, but also in production-related calculations for its many applications.

Work organization is a further sphere in which the impact of computers is felt. There is no theoretical agreement between technology and work organization, but whatever the paradigmatical view of the phenomenon (determinism, complexity, interpretivist, etc.) there is an undeniable relationship between technology development and implementation and work. Haddad, Karlin and Liker (1999, pp. 576-

commercial world because it was used in many wholesale and retail transactions: the inventory and billing information is transferred directly from one computer to another with few paper records. Also, the mainframe's ability to handle this kind of data kept it viable in spite of the increasing competition from minicomputers and workstations.

577) summarized the state of knowledge of social impacts of technology according to a number of criteria such as: *types of technology, social context for technology adoption, approaches to selecting and implementing technology and perspectives on the technology and on who wins and loses*. The analysis of computer impact on work organization varies across a broad set of factors, such as the physical operations that computers can run, production and services processes automation, supporter or adversarial managerial or syndicate context, monetary and human cost of computer implementation, and also exactly *who* will use computers, as well as the worker's recognition of computers as a tool — for control processes, time-saving, work-sharing, etc. — and/or as a commodity,¹²⁴ and so forth. Therefore, the computer impact is contingent on a broad set of factors, and over the years that impact has acted some times as an integrative force, and others as a disintegrative one. Yet there are no doubts for affirming that the uses of computer technology change the dynamic of a variety of production and services processes, while also changing the outcomes. For example, computer use has a number of effects such as: increased efficiency in data recovering, searching, processing and storage; it diminished physical space consumption (for work, storage, etc.); it diminished errors occurrence as a result of increasing control or automation of processes — for example, in the case of use of computer in health care equipment (imaging systems for diagnosis and therapy, orthopaedics, surgery monitoring, surgery robots such as microsurgery, etc.), biomedicine, computers to solve biological (usually on the molecular level) problems; etc. —; it has changed the quality of work, thus has changed work demand, becoming indispensable technical expertise for employees in almost every kind of activity. Regarding the quality of work, Pérez (2002) wrote about the necessity of worker proficiency as one of the characteristics that identifies the irruption of a Technological Revolution.

[...] In fact in catching-up periods of most European countries and the USA there was strong backing from the state in various areas, particularly in acquisition of technology (modern machinery for reverse engineering), immigration of skilled personnel and technical education and training, but also in decidedly protectionist policies. (Pérez 2002, p. 93)

¹²⁴ According to Ceruzzi (2003, p. 355) by the mid-1990s personal computers had become a commodity, allowing commercial software to come to the fore.

Improvements of work efficiency come with previous training (learning and therefore expertise as the ‘learning curve effect’ states). Adaptation processes and networking environments have been required not only to take advantage of computers. One can guess that measuring productivity could be an easy and common economic alternative to explore the advantages of using a computer despite any affirmation by productivity records.¹²⁵ About this matter and other computer-related ones, Kelly (1998, pp. 148-154) wrote, in the New Economy¹²⁶ context, as follows:

As bureaucrats continue to measure productivity, they find no substantial increase in recent decades. This despite \$700 billion invested into computer technology worldwide each year. Millions of people and companies worldwide purchase computer technology because it increases the quality of their work, but in the aggregate there is no record of their benefits in the traditional measurements. This unexpected finding is called the productivity paradox. As Nobel laureate Robert Solow once quipped, “Computers can be found everywhere except in economic statistics.”

There is no doubt that many past purchases of computer systems were bungled, mismanaged, and squandered. Last year 8,000 mainframe computers—computers with the power of a UNIX box and the price of a large building—were sold to customers imprisoned by legacy systems. IBM alone sold \$5 billion worth of mainframes in 1997. Those billions don’t help the efficiency ratings. The year 2000 fiasco is a world-scale screw-up that also saps the payoff from information technology. But according to economic historian Paul David, it took the smokestack economy 40 years to figure out how to reconfigure their factories to take advantage of the electric motor, invented in 1881; for the first decade of the changeover productivity actually decreased. David likes to quip that “In 1900 contemporaries might well have said that the electric dynamos were to be seen ‘everywhere but in the economic statistics’.” And the switch to electric motors was simple compared to the changes required by network technology.

At this point we are still in just the third decade of the age of the microprocessor. Productivity will rebound. In a few years it will “suddenly” show up in elevated percentages. But contrary to Krugman’s assertion, in the long run productivity is almost nothing. Not because productivity increase won’t happen; they will. But because, like the universal learning curve that brings cost plunging down, increased productivity is a rote process.

[...] As the law of increasing productivity per experience was seen to be universal, another key observation was made: The learning didn’t have to take place within one company. The experience curve could be seen across whole industries. Easy, constant communication spreads experience throughout a network, enabling everyone’s production to contribute to the learning.

[...] Opportunities and productivity work hand in hand much like the two-step process of variation and death in natural selection. The primary role that productivity plays in the network economy is to disperse technologies. A technical advance cannot leverage future opportunities if it is hoarded by a few. Increased productivity lowers the cost of acquisition of knowledge, techniques, or artifacts, allowing more people to have them. When transistor were expensive they were rare, and thus the opportunities built upon them were rare. As the productivity curve kicked in, transistors eventually became so cheap and omnipresent that anyone could explore

¹²⁵ The U.S. Economic and Statistic Administration (ESA) analyzed in its fifth annual report on the U.S. Digital Economy 2003 conditions of the information technology (IT) industries and their effects on national economic performance. The report is addressed to value the ability of technological innovation to drive faster than expected economic growth (URL: <https://www.esa.doc.gov/2003.cfm>).

¹²⁶ The so-named New Economy, Information Age, etc. have been analyzed in Section 14.2.2.3.

their opportunities. As communications becomes everywhere dirt cheap and ubiquitous, the opportunities it kindles will likewise become unlimited.

[...] Our minds will at first be bound by old rules of economic growth and productivity. Listening to the technology can loose them. Technology says, rank opportunities before efficiencies. For any individual, organization, or country the key decision is not how to raise productivity by doing the same better, but how to negotiate among the explosion of opportunities, and choose right things to do.

The wonderful news about the network economy is that it plays right into human strengths. Repetition, sequels, copies, and automation all tend toward the free and efficient, while the innovative, original, and imaginative—none of which results in efficiency—soar in value. (Kelly 1998, pp. 148-154)

The incorporation of computers in almost every work was, using Pérez's words, a sort of 'habit-breaking hurricane' (Pérez 2002, p. 4). Freeman and Louça (2002, pp. 312-318) reviewed some of the important movements and speed changes in applications of computers for production processes. Already in the 1950s and 1960s the range of applications of computers was greatly extended: office-type application, industrial process control system and flexible manufacture systems. The last one, together with robotics, made possible in the mid-1950s the diffusion of a wide variety of computer-controlled manufacturing processes over the next three decades (Freeman & Louça 2002, p. 313). Robotics is in particular another remarkable example in which inputs and computer advancements make possible its development: robots became possible with the invention of transistors and integrated circuits, and the growing computer industry added brains to the initial machines. In 1959, robotic manufacturing has shown to be feasible when the computer-controlled mill machine was unveiled. Since this moment robotics began to have impact on work organization, employment, economy, and occupational health and safety. Robots had been used as mechanical workers to execute jobs that require repetitive and precise movements. The wider variety of robot uses in manufacturing industries has changed completely the production organization of some of these industries, such as in the case with robots in the automobile industry.¹²⁷ According to the Tech Museum of innovation, 90% of all robots work in factories and more than half are at work making automobiles.¹²⁸ But also robots are commonly used in other industries to pack food, textiles, and drugs, to arrange items into boxes as well as in the computer industry (for example, to solder tiny pieces). Robots are used to explore dangerous environments

¹²⁷ For example, Motoman Inc. (an empowered company of Yaskawa Electric Corporation) the second largest robotics company in the Americas, since its foundation in 1989 has installed more than 24,000 robots. (URL: <http://www.motoman.com/about/>).

¹²⁸ See URL: www.thetech.org.

—such as when they are used in space missions, in chemical spills or in radioactive zones —, to locate and dispose of bombs, etc.; they have been also thought of as autonomous movers, for sensing, thinking (and maybe also as auto-reproductive and so in this sense living).

In the so called New Economy some economic patterns do not seem surprising. The chip industry is an example of these economic patterns. The competitive advantage of the chip industry has been clearly achieved thanks to its crucial function as an input of many other industries. Initially, chips were a computer component but then they invaded the world far faster than PCs did. As pointed out by Kelly (1998, p. 11) this is not surprising since a person can have one or two PCs at a time, but the number of other objects in that person's life is almost unlimited. Chips were used in high-tech appliances and later in all tools, and then eventually in all objects. Indeed, according to Kelly (1998, p. 11) in 1998 already were 200 million of computers around the world and for every chip put into a computer there were 30 other cheap processors put into daily things.¹²⁹

Nevertheless, what is important to underline is that there are no clear micro-or-macro patterns of innovation, as many studies show. For example, Malerba and Orsenigo (1995) using patents data found that between 1968 and 1986 the patterns of innovative activities differed systematically across technological classes, but similarities emerged across countries in the patterns of innovative activities for each technological class; and Verspagen (1993, p. 275) analyzed a limited sample of Asian 'tiger' economies and showed each of the countries had its own specific way in which high growth rates were achieved, thus there is not one single recipe for growth. From the point of view of the firm, Freeman and Soete (1997, p. 265-285) discussed six alternative strategies, recognizing that there is no recipe which can ensure success — firms have a limited rationality, often imperfect information and market and technical uncertainty.

¹²⁹ "Today the world is populated by 200 million computers. Andy Groove of Intel happily estimates that we'll see 500 million computers by 2002. Yet for every expensive chip put into a beige computer box, there are now 30 other cheap processors put into everyday things. The number of non-computer chips already pulsating in the world is 6 billion – one chip for every human on Earth." (Kelly 1998, p. 11)

Furthermore, Malerba et al. (1999) presented a significant evolutionary economic model (a *history-friendly* model) of computer industry and examined the emergence of a dominant firm in mainframes, the introduction of microprocessors, the opening up of a new market segment formed by personal computers and the competition between new sectors and old firms. In this work computer industry histories provide a sketch of a theory to represent it formally and explain why incumbent firms have been able to hold off newcomers with new technology in their traditional market, but have not been able to seize new market opportunities (Malerba et al. 1999, p. 10).¹³⁰ The Ehrnberg and Jacobsson (1995) article shows that a process of technological discontinuities is associated with a certain dominant design configuration¹³¹ and the industry adopts this configuration and cited the IBM PC as subsequent ‘clones’ for an example, and also discussed how much change there must be for a ‘technological discontinuity’ to make its appearance. In any case, what is important here is the recognition of technological changes (discontinuities or revolutions) and the changes in economic structure, but from the point of view of economic models.

Many studies show the conceptual variety of *what* is defined by technological change, and a variety of approaches to study, model and measure technological change. But even in the considerable conceptual variety, the importance between technological change and changes in economic structure has been always stated. However, and as argued by Ehrnberg (1995), the conceptual variety causes confusion about *what* is a change and the relationship between ‘technological discontinuities’. Research on changes in industry structure are focused on different aspects or dimensions and reported –or not– the magnitude of technological change.

A technology-related dynamic is more complex and involves too many actors, so it cannot be expressed by the comparison of simple indicators (as for example, investments in research and development) and consists of linkages of interaction within the overall innovation and economic system. Numerous studies have attempted

¹³⁰ Another significant evolutionary model on market systems is presented by Allen and Strathern (2005). The model considers a market dynamic framework in which firms grow or decline according to their success in selling to potential customers and it could be adapted to computer firms.

¹³¹ More precisely the technological competence to design and produce a product that often results in a significant change in the price/performance of a product- (Ehrnberg & Jacobsson in Ehrnberg 1996, p. 197).

to detect economic patterns of innovations, including national reports on science and technology indicators (such as the European Commission and the Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD). A most realistic way to analyze innovation is by means of a descriptive case study-like approach, because the complex systemic nature of problems makes modelling rather difficult. Factors like institutional set-up, government policy, legal issues and other qualitative factors are not easy to quantify in a model (or measure and put into a statistical analysis). The evolutionary ideas highlight descriptive and historical methods, and the systemic view is linked with the field of 'national systems of innovation'.¹³² Moreover, the systems approach will be applied in narrative descriptions to help get away from the view of computing only as the product of inventors in a purely technical context. Therefore, applying a formal framework to complex issues (or to the issue of national systems) would result in a loss of reality and in a loss of the most important benefits of the formal approach.

An important additional issue that reveals some ways in which computer changes production and social patterns are provided by the analysis of human-computer interaction. There is, indeed, a theoretical need for the 'human-computer interaction' field, because the mutual influence or action between humans and computers have multiple and different implications:

It is this mutual influence that interests us when we speak of the interaction domain of human-computer interaction, despite the fact that, in this day of sophisticated systems and complicate human, we have become very precise about the ways in which mutual influence is studied and understood. In contemporary [...] interaction as the means by which users communicate input to the system, as well the feedback supplied by the system. (Jacko 2003, p. 243)

Again, the implications of such interactions are numerous and have considerable importance for the recent Information Age. A few of them are for example: the human sensory feedbacks; the trade-offs between rich representation and quality of contents, such as information overload, distracting presentations, conceptual disorientations, etc.; implementation of mechanisms such as networks;¹³³ computers as persuasive

¹³² See Freeman and Soete (1997, pp. 296-315) for an introduction about national systems of innovations. See Lundvall (in Martin and Nightingale 2000, pp. 525-540) for a historical analysis of modern nations in terms of processes of learning as propelled by the process of industrialization.

¹³³ Dix (in Jacko & Sears 2003, pp. 332-355) presents a brief overview of types of networks and then deals with network-based interaction under four main headings: networks as enablers, networks as mediators, networks as subjects and networks as platforms.

technology; human errors in interaction — and all the obvious effects of computer/human interaction on the economy and on human relations.

Considering computers as persuasive technology allows us to recognize the uses of computing technology far beyond its initial role of performing complex calculations. Persuasion is intended as a non-coercive attempt to change attitudes or behaviours, but this is a recent application of computing systems. Fogg (in Jacko & Sears 2003, pp. 359-368) has identified five wave leverages of computers: the first one focuses on the function (begun over 50 years ago and continuing today); the second one is the emergence of digital gaming (emerged in the 1970s); the third wave of computing came when computers were created for ordinary people (in the 1980s); the fourth major wave in computing is networking (began early in the 1960s but became a major wave in the early 1990s with the invention and release of the World Wide Web) and the fifth wave is the creation of computers to persuade (the effort began in the late 1990s), i.e. interactive systems capable of motivating and influencing users (See Figure 30).

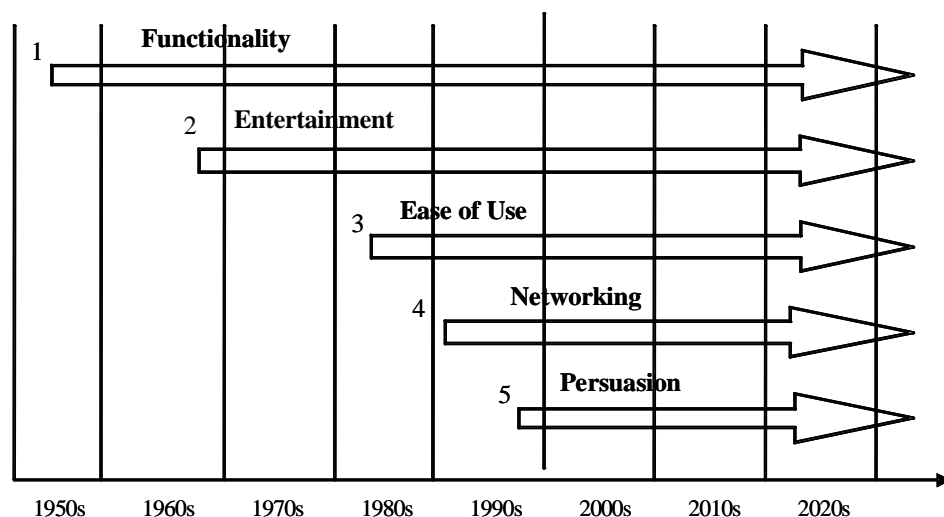


Figure 30: Major waves in computing. (Source: Fogg in Jacko & Sears 2003, p. 360)

Human error in interaction with computers is also a factor that changes production and social patterns. No matter the human error definition and causes, it has direct consequences on the activities in which computers serve as a tool, because the errors can lead to mistaken solutions. For example, human data-related errors can lead to description errors, errors of classification and explanation, and therefore to design

mistaken policies. Stanton (in Jacko & Sears 2003, pp. 374) summarized a higher-level error classification and the categorization is presented in Table 6.

Dourish (2004) made a contribution to the debate on the human-computer interaction. The work explored the interaction with computer systems in the physical and social reality, and explored means to take advantage of this interaction. Human-computer interaction deals with two areas: computational and physical design, and social computing (Dourish 2004, pp. 26-96). Both areas are discussed in the above-mentioned work, but emphasizing in particular social computing, because it is an important analytical role: social computing encompasses the concerns of social and economic change. Social computing refers to the understanding of the design of interactive systems, encompassing a diverse sociology-related set of interests, topics, objectives, concerns and methodological approaches (Dourish 2004, p. 56). The consequences of these applications in computer systems are what characterize social and economic change.

Basic Error Type	Example of Error Type
Slip	Action intrusion
	Omission of action
	Reversal of action
	Misordering of action
	Mistiming of action
Lapse	Omitting of planned actions
	Losing place in action sequence
	Forgetting intended actions
Mistake	Misapplication of good procedure
	Application of a bad procedure
	Misperception
	Poor decision making
	Failure to consider alternatives
	Overconfidence

Table 6: Basis of Error Types with examples (Source: Stanton in Jacko & Sears 2003, p. 374)

Referring to the economics of structural dynamics, the case of computers suggests some important considerations. Computers allow the observation of how innovation produces profound transformations in the economy as a whole; it is because of the extent and variety of these transformations that the modelling process becomes harder and more complicated. Computers are a clear illustration of the fact that in any event of technological innovation, one can detect a continuous shift between micro and macro levels; the two are perfectly interchangeable, and one

cannot exclude the other; as Metcalfe defined it as ‘change within change’ and pointed out very cogently:

One need only consider the recent history of the computer industry to see the power of differential growth in changing the fortunes of rival firms. It is from this micro diversity that the more coherent patterns of change at sectoral and economy levels emerge. We may measure at the macro level but the dynamics of change must be explained at the level of micro phenomena. (Metcalfe 1998, p. 5)

No matter how many aspects and applications proper from computers one takes into account when modelling micro or macro economic dynamics, any resulting model would necessarily be an oversimplification. The reason is that no model related to computer evolution will integrate and account for all the variety of ways and circumstances in which transformation takes place.¹³⁴

The absorption and assimilation of the use of the computer has had different impacts on the process of development in all social spheres. Think of the emergence of new economic sectors, ways of working, new techniques, new decisional processes, new scientific branches, new cost structures, and so on, all of which have been pushing the economic system into a new paradigm and configuring a new social and economic system.

When the programmable digital computer was born shortly before mid-century, there was little reason to expect that it would someday be used to write letters, keep track of supermarket inventories, run financial networks, make medical diagnoses, help design automobiles, play games, deliver e-mail and photographs across Internet, orchestrate battles, guide humans to the moon, create special effects for movies, or teach a novice to type. In the dawn years its sole purpose was to reduce mathematical drudgery, and its value for even that role was less than compelling (Constable & Somerville 2003, p. 86)

The history of computers alerts the modeller to the fact that any kind of representation of economic dynamics is extremely complex. As pointed out by Malerba et al. (1999, p. 9-10) there are at least three challenges for *history-friendly* modelling¹³⁵:

One is the explanation of the characteristics and the changes in the structure of the industry over time, in particular as new technologies were introduced and new markets emerged. [...] A second challenge is provided by the progressive vertical disintegration of the computer industry, and in particular by the sharp increase in specialization that has marked the era of

¹³⁴ Through simulation it is possible to represent what has already happened and even represent emergent properties. But there is not as yet a model that can dependably forecast the future.

¹³⁵ The model presented by Malerba et al. (1999) had been focused on the first challenge.

PCs. Still a third challenge is to explain the significant differences between the characteristics, changes and performance of the industry in the USA on the one hand, and Europe and Japan on the other, particularly with respect to the role of incumbents and the ability of new firms to take advantage of new technological and market opportunities. (Malerba et al. 1999, pp. 9-10)

Furthermore, this significant contribution (Malerba et al. 1999) to evolutionary economic theory started with an appreciation of verbal theorizing, developing a consistent and stylized form of those verbal arguments. This analytic exercise permits a better understanding of the key factors that shape the evolution of the computer industry. Hence, once again, oversimplification seems inevitable. Perhaps this is one of the reasons why most of evolutionary economics is confined to describing processes. However, verbal descriptions are the bases for theorizing and for further formal and stylized representations.

14.2.2. Internet

14.2.2.1. Behind the ARPANET: the emergence of the Internet

The extraordinary advance in computing and telecommunications was made possible by the electronic and micro-electronic revolution. Due to these advancements the Internet became the communication medium for information networks in what has been called the ICT revolution.

The history of Internet creation and development is not the aim of this section, but in a similar vein as in that of the above discussion of computers, a summary of the main events that led to the constitution and evolution of Internet will serve to show the magnitude and complexity of the impact that the Internet has had and is still having globally on social change and economic activity. Also, just as in the aforementioned case of computers, it is impractical to document here with any exhaustivity the variety of organizations that access web-based commercial developments. Documenting Internet-related technologies (equipment and applications) and the people involved (agencies, universities, companies) would be long and intricate. Although certain renowned technologies and people are mentioned here, it is only to indicate the influence they have had on the whole world economy, and it is not intended to categorize them as more or less important than other Internet-related technologies. The impact of Internet on economic dynamics is significant,

aside from the limitations of any modelling process, and shows some practical aspects of what is meant by structural change.

The Internet began as a project of the Advanced Research Projects Agency (ARPA) of the U.S. Defense Department.¹³⁶ ARPA was formed in 1958, and during the 1960s a number of computer scientists at universities and research laboratories across the country received ARPA funding for projects that could have had defense-related potential, from graphics to artificial intelligence. On these projects lay the basis of what became the ARPANET and much later, the Internet. In other words, the Internet was in principle founded by the ARPANET, the computer network set up by the ARPA, but this network was just a minor program in one of the ARPA's departments, the Information Processing Techniques Office (IPTO).

According to Castells (2001, p. 10) the U.S. Defense Department formed ARPA with the task of mobilizing research resources toward building technological military superiority over the Soviet Union in the wake of the launching of the first artificial satellite Sputnik in 1957. ARPA, however, was just a part of the U.S. reaction to the Sputnik launch, because the creation of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) was also a response.¹³⁷ Tylecott (1991, p. 269) briefly explains the causes of the Soviet Union's economic crisis, which found its origins in the Sputnik crisis, the turning point of the beginning of the East-West competition, tension, and conflict (the Cold War).

But in particular and initially, the ARPANET was only a part of an effort to stimulate research in interactive computing and a way of sharing computing time on-line between the various computers of research groups and centers that worked for ARPA.¹³⁸ This way, even if ARPANET was originated in the U.S. Defense

¹³⁶ ARPA was the original name of the set of projects of the U.S. Defense Department, but in 1972 it was renamed DARPA (thus, including the word 'Defense'). About 10 years later it was back to ARPA and then back to DARPA again.

¹³⁷ In 1958 the first two launches of U.S. satellites, inferior in every respect to the Soviet achievements (the Sputnik crisis) motivated the creation of the National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), non-military efforts relative to space exploration under a strengthened organization, which subsequently became the NASA.

¹³⁸ ARPANET used a packet switching technology that was a revolutionary telecommunication transmission technology. On the packet switched networks developing team were Paul Baran, Donald David, and Leonard Kleinrock, among others. It is still the dominant communications technology in which packets (units of information carriage) are routed between nodes over data links shared with other traffic, and the Internet is the most well-known example of use for packet switching. However, the Internet also uses a set of communication

Department, its military applications were secondary. Later ARPA connected ARPANET with other computer networks, starting with the communication networks ARPA which managed PRNET and SATNET. This introduced the concept of 'a network of networks' (Castells 2001, p. 11). In 1973 Vint Cerf and Robert Kahn published an outlining paper on the basic principles of Internet architecture. They and other people (through the efforts of the Network Working Group, which were linked with ARPANET) designed the protocol that permitted standardized communications. In 1973 the Transmission Control Protocol (TCP) was designed and then in 1978 it was split into two parts, adding an inter-network protocol (IP), yielding to the still operating and the most widely used network protocol in the world: the TCP/IP protocol (Castells 2001, p. 17). Nevertheless, the first standard networking protocol used on the ARPANET was the Network Control Program (NCP)¹³⁹, finalized and deployed in 1970, which was then replaced in 1983 with the TCP/IP protocol. Figure 31 and 32 show how ARPANET grew rapidly and how its expansion was charted in a series of maps used to manage the network. In 1969 ARPANET had one node¹⁴⁰, in 1971 it had 14 nodes in operation and in 1980, around the middle of ARPANET's life, there were around seventy nodes in the network and the connections between them.

The initial goal of ARPANET was sharing of expensive computer resources so that individuals could gain access to these resources through terminals that were connected by time-sharing. But the invention of Ethernet¹⁴¹ (gradually invented over the 1973-1975 period) and the emergence of the personal computer made it possible for a large number of people to gain access to the Internet. Widespread developments of LANs, PCs and workstations in the 1980s allowed the nascent Internet to flourish. The change from having a few networks with a modest number of time-shared hosts (the original ARPANET model) to having many networks has resulted in a number of

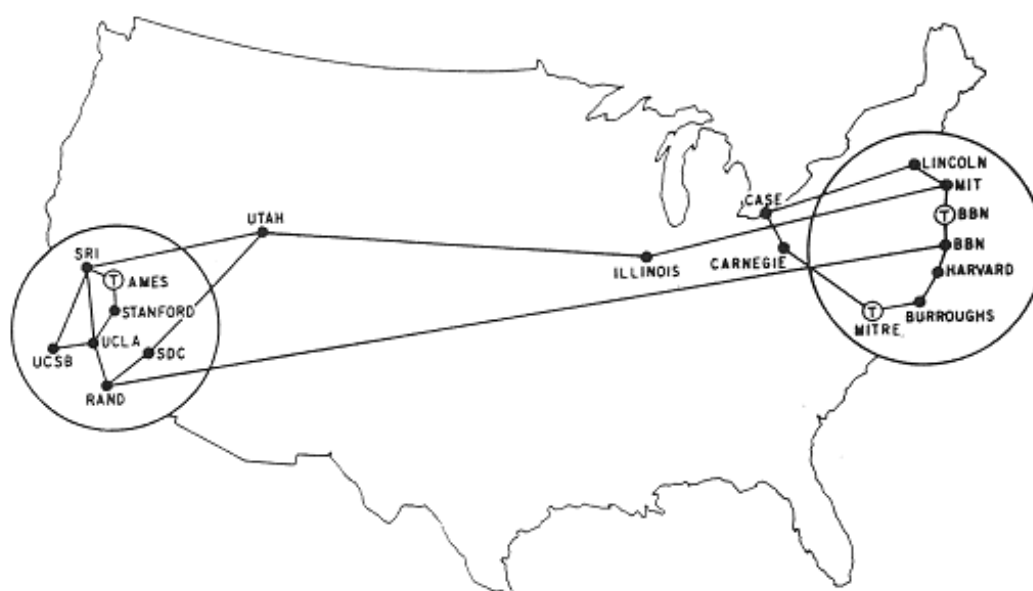
protocols (or protocol suite that is part of the TCP/IP) over a variety of Data Link Layer (TCP/IP model layer two) protocols.

¹³⁹ At the end of 1970 the Network Working Group (NWG) finished the initial ARPANET Host-to-Host protocol, called the Network Control Protocol (NCP). As the ARPANET sites completed implementing NCP during the period 1971-1972, the network users finally could begin to develop applications. NCP standardized the ARPANET network interface, making it easier to establish, and enabling more and more DARPA sites to join the network. By the end of 1971 there were fifteen sites using NCP on ARPANET.

¹⁴⁰ In 1968 Kleinrock's team prepared the network measurement system at UCLA, which became the site of the first node.

¹⁴¹ Ethernet is the large family of frame-based (encoded data packets for digital transmission over a node-to-node link) computer network technologies for local area networks (LANs). Ethernet constitutes one of the schemes of the second layers of TCP/IP protocol (Data Link Layer), thus one of the routing schemes for navigating packets from one IP address to another. Ethernet technology is now probably the dominant network technology in the Internet and PCs and workstations are the dominant computers.

new concepts and changes to the underlying technology (such as the switch to Ethernet technology). It resulted in the definition of three network classes (A, B, and C) to accommodate the range of networks¹⁴² (Cerf et al. 2003). Indeed the importance of local networks as a motivation for the general use of Internet is embraced in Metcalfe's Law. This law was formulated by Robert Metcalfe (one of the Ethernet inventors with David Boggs) and it states that the value of a telecommunication network is proportional to the square (N^2) of the number of users (N) of the system. Even if the Metcalfe's law seems exaggerated or wrongly stated¹⁴³ the significance of it is that it asserted that the value of a network is achieved by adding connections to it –the network.



MAP 4 September 1971

Figure 31: Map of ARPANET in 1971.

(Source: URL: <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html> and http://www.computerhistory.org/exhibits/internet_history/)

¹⁴² Class A represented a large national scale network, this was a small number of networks with large numbers of hosts; Class B represented regional scale networks; and Class C represented local area networks, which was a large number of networks with relatively few hosts (Cerf et al. 2003).

¹⁴³ Metcalfe's law might overestimate the value of a network for very large N (this law applied Zipf's Law for large networks) and also it might underestimate the accelerating surplus of network value over cost. Even if the value of this law is not accurate, it provides a foundation for understanding the Internet (or users of the World Wide Web). But not only for the Internet; the law is said to be true for any type of communications network, thus including also computers (See Section 14.2.1). Furthermore, the law recognizes that a network becomes more valuable as it reaches more users as is asserted in InfoWorld "If you had the only telephone in the world, who would you call?" (InfoWorld 1995, p. 53).

At the same time that Internet technology was being experimentally validated and widely used among a subset of computer science researchers, other networks (and networking technologies) were being pursued. The usefulness of computer networking (especially electronic mail) demonstrated by ARPA and Department of Defense contractors on the ARPANET was not lost on other communities and disciplines, so that by the mid-1970s computer networks had begun to spring up wherever funding could be found for the purpose (Cerf et al. 2003). Indeed, there were other set up networks, most of them were very specific and closed to the general public, as the MFENet launched in 1974 and the successive HEPNet (established by the U.S. Department of Energy for its researchers in Magnetic Fusion Energy and High Energy Physicists, respectively), the SPAN (established by the NASA Space Physicists), the USENET¹⁴⁶ in 1979 (established by AT&T's free-wheeling dissemination of the UNIX computer operating system) and the CSNET in 1981 (for the academic and industrial Computer Science community with an initial grant from the U.S. National Science Foundation, NSF), and the BITNET in 1981 (which linked academic mainframe computers). Figure 33 shows, for example, the geographic map of USENET sites and routes after a decade of USENET monitoring project.

As mentioned above, the development of networks and the growth of local area networks (LANs), were due to Metcalfe's Ethernet technology. A name server developed at the University of Wisconsin in 1983 which no longer required users to know the exact path to other systems, and in 1984 the first domain name server (DNS) was introduced.¹⁴⁷ Also, in 1984 the British JANET, and in 1985 the U.S. NSFNET announced their intent to serve the entire higher education community, regardless of discipline. In 1985 NSFNET decided to use TCP/IP as the mandatory protocol. At that time, the Internet consisted mainly of e-mail, telnet, USENET, FTP, and some other applications (which allowed communication, and file sharing across the networks). In 1986 the NSFNET was created for a wide area-networking infrastructure to support

¹⁴⁶ USENET was a UNIX users' network (thus a free-wheeling dissemination of the UNIX computer operating system) that carried most of the email and news of that time. It used a primitive protocol called UUCP. The first newsgroup experiments occurred in 1979 and the firsts UUCP networks used even ARPANET connections. The Amsterdam Mathematics Centre acted as the gateway for all transatlantic traffic between the U.S. and European sides of the worldwide. But in 1987 the European side (EUnet) was converted into an IP network, just as major parts of the U.S. side of USENET were doing at that time.

¹⁴⁷ Domain Name System (or Service or Server) is an Internet service that translates domain names into IP addresses. A domain name usually consists of two or more parts (technically labels), separated by dots, and indicate the hostname.

and companies. Later in the same year the NSFNET Backbone Service was successfully transitioned to a new architecture, where traffic is exchanged at interconnection points (Network access points, NAPs). That way in 1995 NSFNET was turned off and Internet traffic was handed over to commercial networks.

Nevertheless, ARPANET and the FNS (and also BITNET, USENET, etc.) were not the only source of today's Internet. Today's Internet is also the result of the other networks' efforts and technological advancements as was the case of the European Organization for Nuclear Research (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - CERN). But just as well, and as quoted by Castells (2001, pp. 12-13), the current shape of the Internet is also the outcome of a grassroots tradition of computer networking, and one of the components of this tradition was the Bulletin Board System (BBS) that started in 1972 in California using hardwired terminals located in neighbourhoods (Community Memory) from which sprang the networking of PCs in the late 1970s. The MODEM¹⁵⁰ program but especially the Computerized Bulletin Board System (CBBS) that was the computer software that made it possible for PCs to store and transmit messages (was used, for example, by hobbyists to exchange information between one another). Therefore, bulletin board systems were in many ways a precursor to the modern form of the World Wide Web (and other aspects of the today's Internet). BBS was used to meet people, for publishing articles, downloading software, playing games and having discussions as a board, which were some of the applications of Internet (See Section 14.2.2.2).

Between 1985-1988 CERN expanded TCP/IP throughout their network CERNET, and no outside connections were allowed using TCP/IP. But in 1989, CERN opened up its first external connections to the Internet. During this year, Tim Berners-Lee (a CERN researcher) introduced a proposal¹⁵¹ to CERN in which he introduced the ideas of hypertext,¹⁵² the foundation of the World Wide Web. For the

¹⁵⁰ A program written by two Chicago students, Ward Christensen and Randy Suess, enabling the transfer of files between their PCs. They also wrote in 1978 the CBBS.

¹⁵¹ The original proposal -*Information Management: A Proposal: Introduction of linked information systems, non-linear text systems*- is available at URL: <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>.

¹⁵² But the hypertext (and hypermedia that is the term used for hypertext which is not constrained to be text) concepts were coined in by Ted Nelson in the 1960s. The original hypertext project was the Xanadu project (URL: <http://xanadu.com>). Nelson helped Andries van Dam to develop the Hypertext Editing System (HES) in 1968 at Brown University. The HES ran on an IBM mainframe (System/360) even if these computers were not designed to run such a system.

opening of CERN's network to the external Internet, it was necessary to try and implement the hypertext ideas. The hypertext was something on which Berners-Lee had been working on throughout the 80's. HyperText is a way to link and access information of various kinds as a web of nodes in which the user can browse at will, thus hypertext allows document creators to insert links and names to point to other relevant items. Berners-Lee also wrote the first version of the HyperText Markup Language (HTML), the document formatting language with the capability for hypertext links that became the primary publishing format for the Web. These initial specifications for URIs,¹⁵³ HTTP, and HTML were refined and discussed in larger circles as Web technology spread.¹⁵⁴

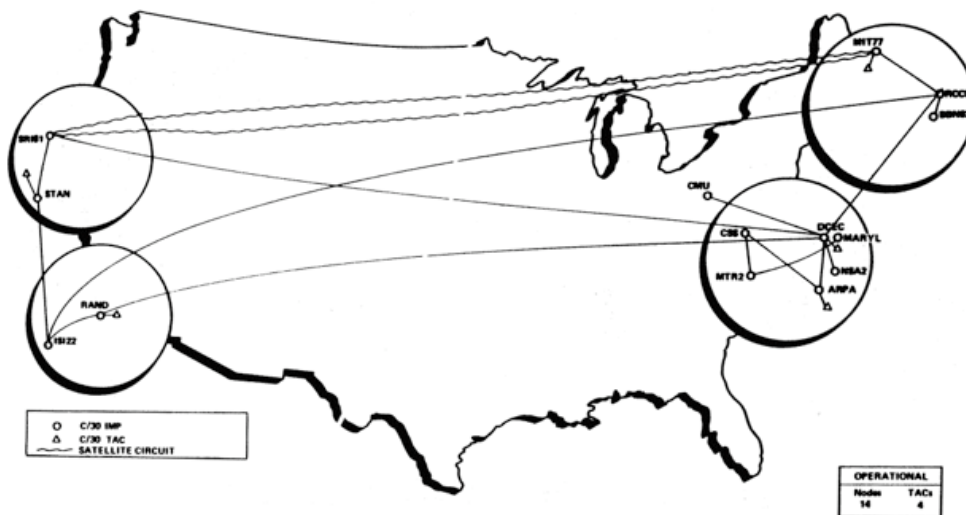


Figure 34: Map of ARPANET in 1989.

(Source: URL: <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html>)

The World Wide Web began (as a CERN project) based on the concept of hypertext.¹⁵⁵ It was not until 1990 that Berners-Lee developed an initial program¹⁵⁶ – browser and editor - on a NeXT cube¹⁵⁷ machine, in order to show his ideas for using

¹⁵³ The acronym of Uniform Resource Identifier and generally understood as a general term of URL and URN terms.

¹⁵⁴ Furthermore, in 1994 Berners-Lee founded the World Wide Web Consortium (W3C) at the Massachusetts Institute of Technology, Laboratory for Computer Science [MIT/LCS] in collaboration with CERN, where the Web originated, with support from DARPA and the European Commission. In 1995 the 'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique' (INRIA) became the first European W3C host, followed by Keio University of Japan in 1996. In 2003, the European Research Consortium in Informatics and Mathematics (ERCIM) took over the role of European W3C Host from INRIA (URL: <http://www.w3.org>)

¹⁵⁵ The CERN prototype system project was called initially ENQUIRE.

¹⁵⁶ This program was a WYSIWYG (What You See Is What You Get) browser and editor, thus a program in which content during editing appears very similar to the final product.

¹⁵⁷ NeXTcube was a workstation computer manufactured by NeXT until 1993. It had been used as the world's first web server and used to write the first web browser (www).

hypertext to display information in a non-linear way. In March 1991, a line-mode browser (www or W3) was released to a limited audience in CERN but then it was released to the general public (by an anonymous FTP) in 1992. And in 1991 the world's first website went on-line at CERN¹⁵⁸, it was an information page regarding the WWW project. The WWW project was setup to facilitate communication between high energy physicists so in 1991 the first U.S. server was installed at Stanford Linear Accelerator Laboratory (SLAC).¹⁵⁹ By 1992, the WWW web project had a total of 26 servers, and browsers began to pop up everywhere, from all the different computer platforms.¹⁶⁰ In 1993 CERN announced that the World Wide Web would be free to anyone and by this year there were around 50 known HTTP servers.¹⁶¹ Also in 1993 the National Center for Supercomputing Applications (NCSA)¹⁶² released (first as an alpha version and months later as a working one) the first version of the first readily available graphical web browser for most common platforms, X, PC/Windows and Macintosh. After the Mosaic release there were over 200 HTTP servers running.¹⁶³ The InterNIC was created in 1993 by the NSF to maintain and provide services for the Internet and the Web. The InterNIC website has been operating since 1998 by Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)¹⁶⁴ to provide public information regarding Internet domain name registration services, the ICANN being responsible for managing and coordinating the Domain Name System (DND).¹⁶⁵ The

¹⁵⁸ The first web page address was <http://info.cern.ch/hypertext/WWW/TheProject.html>. Visitors could learn more about hypertext, technical details for creating their own webpage, and even an explanation on how to search the Web for information. There are no screenshots of this original page and, in any case, changes were made daily to the information available on the page as the WWW project developed. A later copy is available on World Wide Web Consortium website (URL: <http://info.cern.ch>).

¹⁵⁹ Also in 1991 was released the original Gopher system in the University of Minnesota. The Internet Gopher client/server provides a distributed information delivery system around which a world/campus-wide information system (CWIS) could readily be constructed. While providing a delivery vehicle for local information, Gopher facilitates access to other Gopher and information servers throughout the world.

¹⁶⁰ In 1991 it was released from Erwise later during the same year the Viola, which was the world's first web browser with a Graphical User Interface (GUI). In 1993, a CERN Mac browser was released as alpha.

¹⁶¹ The World Wide Web infrastructure had an enormous impact and importance, not only enabling new technology — as a project with collaboration in global scale, protocols as URI, HTTP, HTML, applications such as browsers, proxies, gateways, etc., software distribution, and so on — but also changing the social context — every topic information publishing, virtual information space, access to past communication, remote collaboration, simplicity and extensibility as primary design principles, and so on.

¹⁶² The NCSA is one of the five original centres (1986) in the National Science Foundation's Supercomputer Centers Program. The NCSA has contributed significantly to the birth and growth of the worldwide cyber infrastructure for science and engineering, operating some of the world's most powerful supercomputers and developing the software infrastructure needed to efficiently use these systems, as for example, NCSA Telnet and, in 1993, NCSA MOSAIC (URL: <http://www.ncsa.uiuc.edu>). This last one was the first popular World-Wide-Web browser and Gopher client, later renamed Netscape Navigator.

¹⁶³ During 1993 a few business articles were published about the MOSAIC.

¹⁶⁴ ICANN is responsible for the global coordination of the Internet's system of unique identifiers. The InterNIC website is operated by ICANN to provide the public information regarding Internet domain name registration services (URL: <http://www.icann.org>).

¹⁶⁵ These services included Directory and Database Service by AT&T, Registration services by Network Solutions, Inc. and Information Services by General Atomics and CERFNET.

InterNIC, while administrated by NSF, began the domain name service on the internet for free, but in 1993 was privatized with a contract between NSF and Network Solutions, Inc. (NSI). In 1995 the NSI was bought by the Scientific Applications International Corporation (SAIC), thus InterNIC was transferred from the public sector (NSF) to the private sector (SAIC), beginning to charge for a name registration.

By that time the web had been attracting the attention of the general public and was ready to erupt into today's network. In 1994 the first announcements to provide Internet, as O'Reilly's 'Internet In A Box' which was the first shrink-wrapped package to provide a total solution for PC users to get on the Internet. Also in 1994 the creators of the Mosaic browser left NCSA to form Mosaic Communications Corp. and later Netscape Communications. Also, during 1994 it was reported to the European Commission Information Superhighway plan that there were over 1500 registered servers; the European Commission and CERN proposed the WebCore project for the development of the Web core technology in Europe, and the World Wide Web Consortium (W3C) was founded. Besides numerous meetings, conferences and seminars that began to take place during 1994 and during 1995, projects were introduced, as well as procedures to ensure communication and coordinate the functions in the Internet. Thus, the Web became the main discussion theme of governments, organizations, scholars and corporate meetings.

Since 1994 search engines became popular and they had databases containing documents from different servers on the web.¹⁶⁶ One of the most relevant examples (among many others) is Yahoo! (Yet Another Hierarchical Officious Oracle), created in 1994 by two students at Stanford University (David Filo and Jerry Yang), that began as a web site to guide and keep track of the creator's personal interests on the web.¹⁶⁷ In 1995, Netscape offered to host the Yahoo! site on Netscape's largest

¹⁶⁶ Other search engines were created before 1994. Archie was created in 1989 (in a University of Montreal) to index the Internet. Archie was a service that tracks the contents of a number of anonymous ftp archive sites (about 1000), and allows users to access this information through various interfaces. It is typically used to discover which sites have a particular file, or have a file (or files) whose name matches a specified pattern. Then, around 1991, Veronica was released as a service that maintains an index of titles of Gopher items, and provides keyword searches of those titles. A veronica search originates with a user's request for a search, submitted via a gopher client. The result of a veronica search is a set of gopher-type data items, which is returned to the gopher client in the form of a gopher menu. The user can access any of the resultant data items by selecting from the returned menu. Veronica was a search engine for Gopher sites. What Archie is to FTP sites, Veronica is to Gopher sites.

¹⁶⁷ Another well-known example is Google, which found its origins in 1994-1995 as a search engine (BackRub), created also by two graduate students in computer sciences. In 2001 Google's search index reached 3 billion searchable web documents and in 2004 Google's site index increased to 4.28 billion web pages and at the same

computers, allowing Yahoo! to grow into the most popular site visited on the web at that time. Yahoo! has become one of the most profitable and popular on-line web services.¹⁶⁸ Also several technical advancements take place during the 1990s, as for example the Sun release Java Development kit,¹⁶⁹ and the Netscape release of the web browser Navigator 2.0¹⁷⁰ that was followed by the Microsoft Internet Explorer 1.0 a web browser released with Windows 95. Figure 35 shows the Internet timeline since its early development, which coincided with the beginnings of personal computers, until the World Wide Web (and electronic mail), including the number of operational networks on Internet. It can be roughly estimated that the number of operational networks increased about 16,600 times in a period of fifteen years (See also Figures 31 and 32).

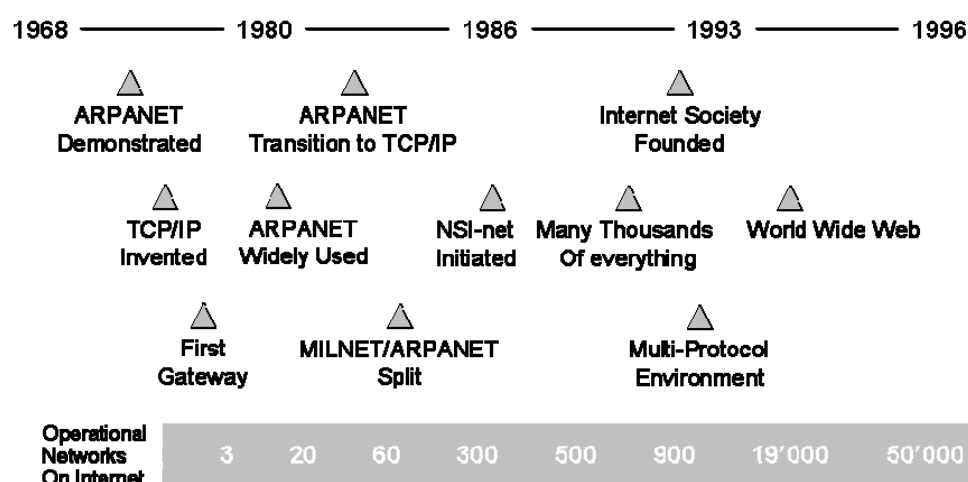


Figure 35: Internet history timeline. (Source: Own representation based on Cerf et. al. 2003)

year was expanded with more than 6 billion items. Besides, Google offers many particular features (other than providing access to billions of web pages) as for example a calculator, book search, currency conversion, Q&A, spell checker, stock and fund quotes, street maps, etc. According to *Fortune* one of America's most admired companies 2006, Google is also the most admired company of the industry of Internet Services and Retailing, followed by eBay in the second position and Yahoo. Google is also ranked among the most admired companies for innovation (with Apple Computer). It was in 3rd position in the 2006 Fortune 500 ranking of American's largest corporation in the Internet Services and Retailing industry. Among the Top 20 most admired companies Google was in 8th position during 2007, and in second position among the companies of Internet Services and Retailing (the IAC/InterActiveCorp was in first position of the rank in 2007). In 2007 eBay and Yahoo were respectively ranking in 3rd position and 4th in the Internet Services and Retailing industry (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmired/>).

¹⁶⁸ In 1996 Yahoo! went public with an initial public offering of 2,600,000 shares at \$13.00 a share increasing to almost US\$ 50 during the 2006, but with splits in 1997 in which the share price was circa US\$ 53 (URL: <http://quotes.nasdaq.com>). According to *Business Week* ranking Information Technology 100 - that used financial data from Standard & Poor's -, Yahoo! was in 2004 at 63rd position of the ranking, and in the 4th position between 'The fastest growing' companies (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmired/>).

¹⁶⁹ A programming language tailored for the web, with its write once run everywhere architecture.

¹⁷⁰ This navigator supported embedding Java programs, integrated e-mail and news programs, in-line plug-ins, frames, and a new user interface. In a short time, Netscape and Sun announced JavaScript, with 28 Industry-leading companies to endorse JavaScript. JavaScript is a Netscape's simple, cross-platform, World-Wide-Web scripting language (only very vaguely related to Java language); and it is intimately tied to the World-Wide-Web, and currently runs in only three environments as an embedded language in specific kind of HTML files and as an embedded language run in browsers.

Even though the Internet timeline begins in 1962, before the word ‘Internet’ was quoted, it was not until 1995 with a resolution¹⁷¹ of the Federal Networking Council (FNC) that the term Internet was unanimously defined. This definition was developed in consultation with members of the Internet and intellectual property rights communities. The history of Internet after 1995 is mostly characterized by a self-shaping of the network and the social phenomenon that accomplished Internet growth. Indeed, many other Internet-related technical developments and companies came into existence, but from that point in time other aspects became relevant in history, such as the social and economic influence of the Internet. Even when the emergence of the Internet had been made possible by the release of the above mentioned set of networks and Internet-related technologies (and others), the Internet’s most distinctive feature was its openness, both in its technical architecture and its social/institutional organization (Castells 2001, p. 26).

The openness out of the Internet’s architecture was the source of its main strength: its self-evolution development, as users became producers of the technology, and shapers of the whole network. (Castells 2001, p. 27)

Ceruzzi (2003, pp. 295-298) briefly presented the factors that drove the Internet into general uses, and divided them into social and technical areas.¹⁷² The social conformed by the shift of financial and administrative support from ARPA until the 1970s, to the National Sciences Foundation in the 1980s, and then to entities that allowed Internet access to anyone (including those who would use the Internet for commercial purposes) in the 1990s. The technical factors behind the emergence of the Internet can be summarized as (Ceruzzi 2003, pp. 296-297): ARPA’s support for the development of the TCP/IP protocol, and the rise of local area networks (LANs).

Many technologies and companies formed during 1995-2000 can be cited just as others after 2000, but the focus is to underline that Internet history was shaped by the

¹⁷¹ “The Federal Networking Council (FNC) agrees that the following language reflects our definition of the term ‘Internet’. ‘Internet’ refers to the global information system that (i) is logically linked together by a globally unique address space based on the Internet Protocol (IP) or its subsequent extensions/follow-on; (ii) is able to support communications using the Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) suite or its subsequent extensions/follow-on, and/or other IP-compatible protocols; and (iii) provides, uses or makes accessible, either publicly or privately, high level services layered on the communications and related infrastructure described herein.” (URL:<http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>)

¹⁷² These factors were also exposed in the Cerf et al. (2003) article. They were briefly explained as ‘concepts proving the ideas’ and were included as a concept for the TCP/IP protocol, LANs, Ethernet technologies, but also were included concepts as Domain Name System (DNS), Interior Gateway Protocol (IGP) used inside each region of the Internet, and in an Exterior Gateway Protocol (EGP), among others (Cerf et al. 2003).

ARPANET and by the autonomous networks that allowed the expansion of computer networking. Castells (2001, p. 25) observed that there were e-mail services developed by telecommunication and computer companies, and wide area networks set up by major corporations for their internal use, and on-line services offered by other companies. These services –not networked at the beginning- provided the ground on which Internet content providers would later develop, these uses of computer networking did not develop from the ARPANET community, but from the global variegated of alternative networks.

Year 1995 could be defined as the point in time at which the Internet ‘boom’ began and the point at which many new uses of this technology were introduced. But this period in history finished in the year 2000 with the stock market ‘crash’, the year in which another period of the Internet history began. These divergences between periods could be explained from the point of view of financial market analysis, strategic management, business model and others, and indeed there are several analyses regarding these two periods. In fact, as a consequence of new standard of market evaluation and then of the crash of the markets, the concept of a business model became the necessary connection between innovation and value creation in present-day capitalism.

Several people, whether involved or not in the development and evolution of the Internet,¹⁷³ share similar views on its origins and history. Hence, going into a more detailed history of the Internet is unnecessary. Instead, it is necessary to take into account other aspects that characterized Internet evolution, and Cerf et al. (2003) in their history of Internet recognized four distinct aspects which the Internet evolution revolves around:

1. The **technological aspect** (or the technological evolution), which includes the infrastructure dimension. It began with early research on packet switching and the ARPANET (and related technologies), and where current research continues to expand the horizons of the infrastructure (such as scale, performance, and higher level functionality).

¹⁷³ As for example the Internet Society (ISOC) site, which has a special section for the histories of Internet, including different Internet history-related sources (URL: <http://www.isoc.org/internet/history>). Additionally *A Little History of the World Wide Web* available at the W3C site (URL: <http://www.w3.org/History.html>).

2. The **operations and management aspect** of a global and complex operational infrastructure.
3. The **social aspect**, which resulted in a broad community of users (Internauts, virtual communities or the network society) working together to create and evolve technology.
4. The **commercialization aspect**, resulting in an extremely effective transition of research results into a broadly deployed and available information infrastructure.

The Internet might not have ever materialized if it had not been for some innovative thinkers from the ARPA, who created ARPANET. But without the collaboration of several educational and research institutions it would not have been possible to create the technologies that form what the Internet is today. Also, the Internet would have not been possible without the advantages of its public architecture, which permits anyone to design *add-on* ongoing developments. Besides, from the history of Internet it is possible to identify a pattern that seems to be similar to computer evolution. Both have found their origins in military and university research and both have been created with different aims than are used today:

Indeed, the historical production of a given technology shapes its content and uses in ways that last beyond its original inception, and the Internet is no exception to this rule. (Castells 2001. P. 9)

The Internet was born at the unlikely intersection of big science, military research, and libertarian culture. (Castells 2001, p. 17)

In regard to the current period of Internet history (as the term is defined), it is possible to assert that the focus has been primarily on business, and the challenge in the public and private sphere was to exploit the full potential of the Internet by maximizing efficiencies in the supply chain, broadening procurement processes and enhancing distribution channel management. But this focus had generated the financial ‘bubble’ -as a consequence of the overvaluation of new companies and the delayed evaluation of new technologies- and has confirmed the crucial role of share prices and shareholder returns generation. In this context Cerf et al. (2003) wrote the ‘history of the future’:

The most pressing question for the future of the Internet is not how the technology will change, but how the process of change and evolution itself will be managed. As this paper describes, the architecture of the Internet has always been driven by a core group of designers, but the form of that group has changed as the number of interested parties has grown. With the success of the Internet has come a proliferation of stakeholders - stakeholders now with an economic as well as an intellectual investment in the network. We now see, in the debates over control of the domain name space and the form of the next generation IP addresses, a struggle to find the next social structure that will guide the Internet in the future. The form of that structure will be harder to find, given the large number of concerned stakeholders. At the same time, the industry struggles to find the economic rationale for the large investment needed for future growth, for example to upgrade residential access to a more suitable technology. If the Internet stumbles, it will not be because we lack for technology, vision, or motivation. It will be because we cannot set a direction and march collectively into the future. (Cerf et al. 2003)

14.2.2.2. The Internet dimensions

As quoted in the previous section, the value of a network is achieved by adding connections to it. The Internet value is the network it composes and, in particular, the recursive influence between users. In fact, the value that the network offers to Internet users derives from the influence on other users. In this context, also as quoted in the previous section, the self-shaping architecture of the Internet permits multi-dimensional uses, but as well Internet use permits technology production. Besides, the diffusion of technology is related to learning and improvement, thus Internet use should not be characterized as a single act on the part of the user, but instead as an interaction between skilled users. In this way, Internet development and the skills required for its effective use are strongly linked – and this linkage is particularly important if the Internet's impact on productivity is considered. In that sense Castels (2001, p.28) wrote:

It is a proven lesson from the history of technology that users are key producers of the technology, by adapting it to their uses and values, and ultimately transforming the technology itself [...] New uses of technology, are communicated back to the whole world, in real time. Thus, the timespan between the processes of learning by using and producing by using is extraordinary shortened, with the result that we engage in a process of learning by producing, in a virtuous feedback between the diffusion of technology and its enhancement. This is why the Internet grew, and keeps growing, for unprecedented applications. (Castells 2001, p. 28)

Internet multidimensionality is based on the network it is configured to –and constantly reconfigured- and also on the different spheres that deal with the network. The Internet uses redefined aspects of the socio-economic context, as a consequence of the mentioned networking influence between users. The multidimensionality of Internet implies long lists of uses and applications, so that along with the formal link between multidimensionality and specific changes, it becomes considerably complex.

Therefore, only few dimensions are mentioned, and the implications of change emerge naturally, bearing in mind that the relation between technology and society is not unidirectional.

There are just a few social and economic activities -and economic dimensions- in which Internet helpfulness has not yet been discussed. Almost all the activities in the social and economic sphere have been influenced and transformed by the arrival of the Internet. The following paragraphs briefly illustrate some of these dimensions transformed by the Internet and also some of the different dimensions in which the Internet exerts real or potential influence: daily lives, public and private organizations, business and commerce, multilayered cultural and technological requirements, coordination and control, and others.

The Internet has had a visible impact on the daily lives of most people at work, at home and in how they communicate with one another. Even the most skeptical cannot help but admit that the Internet has affected the performance of the economy and the standard of living. The discussion however might best be focused on *how* significant the Internet is as a factor in sustaining economic and social change, considering that the Internet could be considered just an alternative to phone, fax, or mail as communication alternatives. Indeed, Porter (2001) discussed that point as follow:

We need to move away from the rhetoric about “Internet industries”, “e-business strategies”, and a “new economy” and see the Internet for what it is: an enabling technology – a powerful set of tools that can be used, wisely, in almost any industry and as a part of almost any strategy [...] The experiences companies have had with the Internet thus far must be largely discounted and many of the lessons learned must be forgotten. When seen with fresh eyes, it becomes clear that the Internet is not necessarily a blessing. It tends to alter industry structures in ways that dampen overall profitability, and it has a leveling effect on business practices, reducing the ability of any company to establish an operational advantage that can be sustained. [...] The Internet per se will rarely be a competitive advantage. Many companies that succeed will be ones that use the Internet as a complement to traditional ways of competing, not those that set their Internet initiatives apart from their established operations. [...] But dot-coms can also be winners – if they understand the trade-offs between Internet and traditional approaches and can fashion truly distinctive strategies. (Porter 2001, p. 64)

As we have said, the multidimensionality of Internet effect renders the subject highly complex, not only in regard to the present but in view of future prospects. Because of the rapidity of change, recent innovation should not be considered in the same parameter as well-established practices. Judgmental estimates of Internet usage

however have been useful to envisage social and economic patterns and have given us an idea of the Internet's implications. Indeed, taking a look at just the established uses that the Internet has provided it is possible to make some estimation of the socio-economic impact of the Internet's uses and potentialities. The key viewpoint is neither *how* Internet must be interpreted nor *what* the market signals mean, but to recognize that Internet use alters social and economic structures. There are many examples of Internet usages, and the examples given here are classified as daily use or home use and as specialized uses.

Some of the daily uses of Internet are for example: send or read e-mail, use a search engine to find any kind of information or to do any type of research, look for info on a hobby or interest, research a product or service before buying it, buy/sell a product, get news, check the weather, look online for news or information about politics (and upcoming campaigns), pay bills online, visit government websites, bank online, get financial info such as stock quotes or mortgage interest rates, buy or sell financial products and instruments (stocks, bonds, mutual funds, etc.), send or receive text messages using a cellular phone, send instant messages, make phone calls, research for schools or training, get info online about a college, university or other schools (including information on professors and staff), take a class online just for personal enjoyment or enrichment, use the web for fun, watch videos and listen to music, play online games, get travel info, use an online social networking site (like *myspace*, *facebook*, *friendster*, etc.), contribute to charity online (donations, child adoption, etc.), search family history or genealogy online, find people, read someone else's web log or 'blog', get sports scores, look up phone numbers or address, search for a map or driving directions, listen to music online at a website, listen to a live or recorded radio and TV broadcasts online (such as a newscast, sporting event, or radio show), download other kinds of files such as games, videos, or pictures, look online for job-related information, look for a place to live, participate in a chat (or forum) or thematic online discussion, search for info about someone you know or might meet, visit a website that provides information or support for a specific medical condition or personal situation, share files (from one computer with others), download digital content online (free or pay), take a virtual tour of a location online, use online classified ads, upload/download video files or music files, use internet to get photos developed, display photos (upload photos to a website to share them with others

online), buy or make a reservation for any kind of travel (tickets, hotels, etc.), rate products, service or persons, look for groups or societies (help centres, religious practices, etc.), participate in online auctions, date and meet other people online, subscript to a podcast, and so on.

Other kinds of uses are still discussed and some of their applications are in the starting phase. Greatest Internet impact may be observed on, for example, 'traditional' concerns such as health care, education and government. Also in manufacture and service sectors the Internet has offered at least the potential to reduce costs (or to increase productivity). And finally, the impact of the Internet on the provision of financial services has been drastic. On these other Internet uses that follow, it can be observed that all of them are still widely discussed, and there are many areas of concern, especially those related with the many socio-economic potential implications of design and implementation.

The Internet offers potential in the health-care sectors, from health insurance to record managements, from transaction cost-savings to care improvements. Internet has also had potential in governments – at every level- applications, from dispensing and registering information to tax payments, from improving efficiency (for example, reducing bureaucracy) to cutting costs both to the government and to citizens. Also, there is an increasingly Internet-based educational system as distance learning through web-based teaching material, schedule information organization and delivery of academic work, discussion boards, digital textbooks, etc. In both sectors –health-care and education- but also in the industrial, the use of Internet as a management tool may have the potential of improving efficiency and of restructuring process (as product development and supply-chain management). One of the major considerations is that it makes competition possible within the economic system as a whole (nationally and internationally).

Each of the four spheres -health-care, education, manufacturing and government- have been analyzed in different papers available in a book edited by Litan and Rivlin (2001). Each paper considers a particular sector providing evidence on the benefits Internet use and its potentialities with emphasis on competition and

cost-savings.¹⁷⁴ Furthermore, the mentioned work reviews the most obvious implications of technology mainly in terms of traditional sectors and how they have been impacted, suggesting the potential for improvements instead of considering technological revolutions. But there are many other works concerning these spheres (and others similar) that treat the economic (and social) impact of the Internet on each of these areas, even international organizations such as the United Nations and the World Bank are setting out and promoting these kinds of applications by sharing knowledge, experiences and best practices.¹⁷⁵

An elucidatory example of that diversity is the broad discussion about the use of Internet referred to as public management (at every level) as the *e-government* (which includes *e-voting*, *e-democracy*, etc.). The *e-government* matter has been discussed from different points of view, and in respect to government processes it should help in forming the prevailing political ideology. As a result, the discussion range moves from the Internet uses for coordinating various government efforts from a better achievement of democracy to Internet uses for consolidating central authority and dictator regimes.¹⁷⁶ The Internet voting (*e-voting*) matter has also been analyzed as a part of a wide discussion between those whose voting is a private experience, which dissents from those for whom it is a public experience¹⁷⁷, and also from those who are

¹⁷⁴ The four spheres that Litan and Rivlin (2001) work enclose the following works: the Danzon and Furekawa (2001) work about e-health and its effects on competition and productivity; the Fountain (2001) work about the economic impact of Internet in government; the Goolsbee (2001) work about education and Internet and the McAfee (2001) work about the economic impact of Internet in manufacturing.

¹⁷⁵ The United Nations, for example, through the United Nations Online Network in Public Administration and Finance (UNPAN), in particular evaluating the use of *e-government* as a tool, provides data and information (through a virtual library) and contributes to the development efforts of the member states by focusing on the 'access' question (what defines 'access', what governs access and where the countries of the world are placed in terms of their provision of access opportunities), hence concerned also with the digital-divide issues (URL: <http://www.unpan.org/egovernment4.asp>). The World Bank as well has as a topic of concern the Information and Communication Technologies (ICT) in a core project for research, policy, investments and other programs related to ICTs in developing countries, including *e-government* issues URL: <http://www.worldbank.org/egov>.

¹⁷⁶ Kalathil (2003), for example, analyzed the Internet's role in the streamlining of democratic processes and also the authoritarian and dictatorial in which the net is used as an information controlling tool. As pointed out by the mentioned author, in countries that embrace ICT development, authoritarianism is no longer solely the domain of creaky bureaucracies and aging dictators, because by implementing *e-government* policies states can guide Internet development to serve their own goals (Kalathil 2003, p. 45). Kalathil (2003, p. 47-48) exposed some of the Internet policies adopted by government to sustain their authoritarian regimes (citing China, Singapore, Cuba and other countries) employing measures such as 'soft-control', 'self-censorship' and imitating each other's policies and techniques.

¹⁷⁷ Stromer-Galley (2003), for example, attempted to analyze the U.S. tension about Internet voting. Some questions emerged from the Internet voting experience, as to what kind of experience voting should be. This work proposes a discussion about online voting, presenting arguments against and for Internet voting (Stromer-Galley 2003, p. 728-730). Also Goldsmith and Wu (2006) propose the China regime example (and others) because these powers are building a nationalist Internet. They argued that nations have the power to shape the Internet's architecture in different ways, not only can they use their coercive powers to establish different visions of what the Internet might be, but also they present the spectre of total internet control: "the result is the beginning of a technological version of the cold war" (Goldsmith & Wu 2006, p. 184).

concerned about fraud, security, technological have-nots being disadvantages, privacy, and other concerns. In particular, *e*-voting is one of the enhancements of *e*-democracy (this is because supposedly because through *e*-voting the democratic process is improved), and the *e*-democracy together with the *e*-administration comprise the *e*-government. However, in mentioning *e*-voting¹⁷⁸ — and the other *e*-government subsets — here we intend to limit ourselves to the different dimensions that e-government in general involves.¹⁷⁹

Up to now the prevailing opinion has held it banal to conduct analysis on any Internet-related subject. Furthermore, the Internet has given rise to an array of terms and value-metrics. This is the case, for example, of the proliferation of analyses about Internet business (or electronic business or DotComs) which are in them just another dimension of the Internet. In particular, the Internet *boom*, which since the mid-1990s has fostered an explosion of electronic businesses (*e*-business),¹⁸⁰ has been the focus of attention of many research and business areas at every level and of every kind. Also, the rapid emergence of electronic commerce (*e*-commerce),¹⁸¹ as an electronic business application, has been the center of attention for discussion, including the *e*-commerce theoretical foundation (technical and organization aspects) and impacts on the industry. The category of *e*-commerce is focused on commercial transactions, thus it involves supply chain management, web-based marketing (as *e*-marketing), online transaction processing, electronic data interchange, inventory management systems (and other data collection systems), electronic payments and funds transfers. Said *e*-commerce business transactions created, transformed and redefined relationships for value creation between or among organizations, and between organizations and individuals. In this context, the *e*-commerce generated new wealth mostly through

¹⁷⁸ *e*-voting applications and projects already exist and work, as for example the Geneva (Switzerland) one. The Canton of Geneva began in 2001 to develop a remote electronic voting application (Geneva eVoting), and it was project was selected as a good practice by the European Union within the framework of the eEurope 2010 initiative.

¹⁷⁹ Castells (2001, pp. 137-187) analyzed this questions from a wide perspective in the 'Politics of the Internet', in particular the interaction between the Internet and processes of social-political coordination and action, including, for example, the use of the Internet for citizen participation and its use in the practice of informational politics, etc.

¹⁸⁰ The most common and basic categories of electronic business (*e*-business) which cover a particular business model but are based on the Web, have been: brokerage, advertising, merchandizing, affiliation, virtual communities, subscriptions, utility (*on-demand*), manufacturing, marketing (sales based on list prices or through auction), information intermediaries, etc. These models are implemented in a variety of ways, and moreover, a firm may combine several different models as part of its overall Internet business strategy.

¹⁸¹ The concept of *e*-commerce must be considered as a subset of *e*-business in considering *e*-commerce as the process of conducting commerce over the web.

entrepreneurial start-ups and corporate ventures, but especially transformed the rules of competition for established businesses.

As in commerce, the Internet (and new information and communication technologies) has also had a key influence and impact on the financial service sector. The electronically enabled access to financial services has been defined as electronic finance or *e-finance*.¹⁸² Today, Internet has become essential for the financial services sector mostly in a spatial-economic organization sense. Since the advent of technological changes in financial services (that include Internet and therefore computer networks) market access is not constrained to a presence at a certain place, thus serving as access-medium avoiding clusters of financial activities in specific locations.

In general, user distribution dramatically changed during the 1990s. In 1992, Internet users were evenly distributed among governmental (.gov), educational (.edu), military (.mil), net-related (.net), commercial (.com), and nonprofit organizations (.org).¹⁸³ But by 1995 commercial users (.com) overwhelmed the rest and began the 'DotCom Mania'. In this context, it is useful to mention the specific Internet sectors in which different companies operated and in which the Internet stock market bubble was sustained. Many people view Internet business as a relatively undifferentiated landscape, instead of distinguishing between the different broad Internet sectors. The distinction is vital which because the aims, means, and metrics of competitive advantage are tend to differ from sector to sector. Adner and Rangan (2001, p. 24) segmented Internet business into six high-level sectors: infrastructure, applications, portals, contents, services and exchanges. The Internet sector earned over 1000 percent returns on its public equity during 1998-2000, however these returns had completely disappeared by the end of 2000, Ofek and Richardson (2003) analyzed this rise and fall of Internet stock. Porter (2001, pp. 64-66) also analyzed the distorted market signals and the impact of the Internet on business by looking at historical results and suggesting a return to fundamentals, the creation of true economic value:

¹⁸² Like *e-commerce*, *e-finance* may be considered as a way of conducting *e-business*. The term *e-finances* cover services such as *e-banking*.

¹⁸³ In other words, these are the last part of a domain name (according to the Domain Name System-DNS), or the top-level domain (TLD).

Companies that have deployed Internet technology have been confused by distorted market signals, often of their own creation. [...] market behaviour is distorted and must be interpreted with caution. That is certainly the case with the Internet. Consider the revenue side of profit equation in industries in which Internet technology is widely used. Sales figure have been unreliable for three reasons. First, many companies have subsidized the purchase of their products and services in hopes of staking out a position on the Internet and attracting a base of customers. [...] Second, many buyers have been drawn to the Internet out of curiosity: they have been willing to conduct transactions on-line even when the benefits have been uncertain or limited. [...] Finally, some “revenues” from on-line commerce have been received in the form of stock rather than cash. [...] If revenue is an elusive concept on the Internet, cost is equally fuzzy. [...] Signals from the stock market have been even more unreliable. Responding to investor enthusiasm over the Internet’s explosive growth, stock valuations became decoupled from business fundamentals. They no longer provided an accurate guide as to whether real economic value was being created. [...] Distorted revenues, costs, and share price have been matched by the unreliability of the financial metrics that companies have adopted. [...] Indeed, the Internet has given rise to an array of new performance metrics that have only a loose relationship to economic value, such as pro forma measures of income that remove “nonrecurring” costs like acquisitions. [...] One might argue that the simple proliferation of dot-coms is a sign of the economic value of the Internet. Such a conclusion is premature at best. Dot-coms multiplied so rapidly for one major reason: they were able to raise capital without having to demonstrate viability. Rather than signalling a healthy business environment, the sheer number of dot-coms in many industries often revealed nothing more than the existence of low barriers to entry, always a danger sign. (Porter 2001, pp. 64-65)

Pérez (2002) also analyzed this phenomenon from a more holistic view (and better fitted with the view of the present work), considering the sequence *technological revolution– financial bubble– collapse– golden age– political unrest* in terms of recurrence. But to identify recurrent phenomena is not aimed at simplifying history or at applying mechanistic models to perceive its infinite complexity and unpredictability. It is aimed at recognizing the dynamic and changing nature of capitalism and its implication in relation to policy, growth and development. The Internet sector is analyzed within a framework of technological revolutions in which the occurrence of technological change has led to the massive replacement of one set of technologies by another, involving profound changes in personnel, organizations and skills in a sort of habit- breaking hurricane, and also leading to an explosive period in the financial market (Pérez 2003, pp. 4-7). However, what is important here, considering the illustrative aim of the examples shown -Computer and Internet-, is to mention some patterns to which technological change is subject, as for example the sudden change of the Internet stock market (the change of behaviour of Internet stock prices). The mutual interaction between the emergence of a technology and business model applications built-up a capital market behaviour that resulted in the aforementioned stock market bubble.¹⁸⁴

¹⁸⁴ A stock market bubble such as those of the past has a tendency to re-occur in the present. Past bubbles, for example the ones during the 1900s and the 1920s, coincided with transformational technologies in the production of automobiles (with Ford Motor Co.) and radios (RCA). There is a pattern of overvaluation of new companies and

The *e-commerce* marketplace has transformed the way in which businesses and consumers interact, by providing a medium through which consumers can search, order, pay for and even receive the service or product. The virtual relationship (ubiquitous access) between suppliers and costumers implies the reorganization of the way in which business operates and the way in which customers behave in the marketplace. The links among suppliers and customers through *e-commerce* are Business-To-Business (B2B), Business-To-Customer (B2C), Customer-To-Business (C2B) and Customer-To-Customer (C2C) and are defined in Table 7.¹⁸⁵ Therefore, the Internet as a literal World Wide Web has become a global marketplace, allowing anyone who can access the Internet to order products and services from any supplier in any part of the world. Both topics, *e-business* and the Internet geography, are analyzed by Castells (2001, pp. 64-112, 247-273).

	Business	Customer
Business	B2B	B2C
Customer	C2B	C2C

Table 7: The *e-commerce* framework.¹⁸⁶ (Source: own representation)

Nevertheless, the global market is unevenly distributed with more concentration of Internet hosts and users in some areas than in others, as suggested by the USENET sites and routes in 1986 (See Figure 33): the geographic map of USENET in 1886) the websites that display update worldwide Internet usage.¹⁸⁷ In the context of inequality other questions about Internet implications and its dimensions arise, as for example in the case of Digital Divided matter.¹⁸⁸ According to the World Development

consequently the market usually takes some time to evaluate new technologies correctly. Moreover, the sustained bubble was upheld by the same forces of the 1990s when stock prices played a central role in generating shareholder returns (White 1990, pp. 67-83).

¹⁸⁵ In particular, these links among suppliers and customers internally comprise other dimensions. For example, the B2B comprises the *e-procurement* and others as *e-sourcing*, *e-tendering*, Electronic Resource Planning (ERP), *e-reverser auctioning*, etc. Furthermore, the purchase and sale processes involve technical solutions (applications) that allow electronic data interchange.

¹⁸⁶ In the *e-government* sphere the framework is based on analog relationships but only among a given government and its citizens (Government-to-Citizen or G2C).

¹⁸⁷ For example Internet World Stats is a website that features free updated worldwide Internet usage (and other Internet statistics, as broadband penetration), including population statistics and market data, for over 233 individual countries and world regions (URL: <http://www.internetworldstats.com/>). Another example is the Internet Traffic Report that monitors the flow of data around the world using a Global Index. This index is the overall average of the response rating from all servers queried in the Internet Traffic report. It then displays a value between zero and 100. Higher values indicate faster and more reliable connections (URL: <http://www.internettrafficreport.com>).

¹⁸⁸ Castells (2001, pp. 247-273) dedicated a chapter to this matter and its perspectives. Also DiMaggio et al. (2001, pp. 312-314) analyzed this issue, underlining the inequality in access to the Internet and in access to the attention

Indicators of the World Bank, in 2003, the quantity of users was about 7 times less in low-income countries than in middle-income (this difference was about 9 times less in 1998), 3 times less among middle-income countries and high-income (and 4 times less in 1998), and it was more than 23 times less in low-income countries than in high-income (and about 40 times less in 1998). These proportions in the size of user-groups provide an idea of what the digital divide problem means, even if the Internet users differences among those income groups which are only informational within a limited context (See Table 8).

	Internet Users per 1,000 people* 2003	Internet Users thousands* 1999
Low income	16	4,766
Middle income	116	45,241
Lower middle income	63	17,942
Upper middle income	208	27,299
Low & middle income	75	50,006
East Asia & Pacific	68	23,593
Europe & Central Asia	161	10,184
Latin America & Carib.	106	9,687
Middle East & N. Africa	48	1,153
South Asia	10	3,034
Sub-Sahara Africa	20	2,357
High Income	377	191,857
Europe EMU	378	41,280

*Data are from the International Telecommunication Union's (ITU) *World Telecommunication Development Report* database.

Table 8: The Information Age: Internet per 1,000 people
(Source: World Development Indicators, World Bank)

Turning back to the market dimension of the Internet -and with a business management perspective-, it is important to observe that the Internet has created some new industries, such as on-line auctions and digital markets. However, its greatest impact has been to enable the reconfiguration of some existing industries that have been constrained by the high cost of communicating, gathering information or

of those who use the Internet. Nevertheless the literature about the Digital Divide is countless, from different point of view this matter is analyzed, and both early and recent surveys include different measures. The Digital Divide is also a concern of International organizations such as the World Bank, which promotes programs related to ICTs in developing countries, through a core department, the Global Information and Communication Technologies department (GICT), that develop and apply ICTs to reduce poverty (URL: [http:// www.worldbank.org/ict](http://www.worldbank.org/ict)) also the United Nations through the United Nation Conference on Trade and Development (UNCTAD) in 2005 reported on the Digital Divided issue using ICT Development Indices. The mentioned report monitors and assesses the international digital divide and its implications and evaluates ICT development using a range of indicators to benchmark connectivity, access, ICT policy and overall ICT diffusion in a cross-country analysis of a total of 165 countries (URL: <http://stdev.unctad.org/docs/digitaldivide.doc>).

accomplishing transactions (Porter 2001, pp. 66-68). Whether an industry is new or old, its structural attractiveness is determined by Porter's five forces of competition (See Figure 36): the intensity of rivalry among existing competitors, the barriers to entry for new competitors, the threat of substitute products or services, the bargaining power of suppliers and the bargaining power of buyers (Porter 2001, pp. 66). The trend of each of the five forces is explained considering the Internet influences on industry structure and framework, and even if most of the trends are negative it does not mean that every industry in which Internet technology is being applied is limited to only these parameters (Porter 2001, p. 67).

The Internet has already dramatically modified the way in which companies conduct their business with consumers and with each other. However, the nature of the technology means that there is still much potential for deepening the scope of *e-commerce* and widening its operations across new markets. The Internet has an important and increasing role in the lives of both consumers and businesses. For the consumer, time savings and increasing cost advantages of shopping online will make the Internet the preferred method of purchasing for many articles, particularly for so-called low touch products that do not need to be viewed or handled before buying. For businesses, the challenge is to exploit the full potential of the Internet by maximizing efficiencies in the supply chain, broadening procurement processes and enhancing distribution channel management. Porter (2001, p. 71-78) proposes some principles for companies to establish and maintain a distinctive strategic position for entrepreneurs and executives to capitalize on the Internet's strategic potential, and also analyzes the applications of the Internet in the value chain. Moreover, another important matter derived from the *e-commerce* discussion emerges, and it is that even if there is considerable pressure for companies to jump on the *e-commerce* bandwagon there are also some negative and/or risky aspects that have to be taken into account. Indeed, the amount of investments and the mistakes that can be made, as latest year's experience shows, lets one recognize that perhaps *e-commerce* is not for everyone.¹⁸⁹ Furthermore, there is no consensus in regard to the strategies of Internet

¹⁸⁹ Durfee and Chen (2002), for example, developed a model that evaluated an organization in terms of three components – brand strategy, sales strategy and fulfilment capability- to give a sense of the value/cost relationship of *e-commerce*, and consider *e-commerce* as a new technology, not a new strategy. In particular, the model measures the immediacy of a firm's relationship with its customers and other entities such as a channel partner, distributor or the firm's own products.

business as shown by the literature. An example of divergence approaches on strategy regards the companies' site creation around the world. According to Beck and Lynch (2001, p. 736) it seems to be impractical and extremely costly to create a large number of mirror sites around the globe, tailoring the text and content of each site. But in spite of the apparent unfeasibility of this strategy, it has been successful for some companies (as is the case of Amazon¹⁹⁰ –B2C- and eBay¹⁹¹ –C2C-, which created an expensive barrier-to-entry for any would-be Amazon or eBay competitors who would struggle to achieve the critical mass to create a competing online electronic commerce or auction site). While some alternatives may be plausible for success in reaching a particular audience, others are mere representative strategies of global success; hence all strategies seem to be constrained to fall into a sort of target dilemma, the very paradox of its existence, once defined, being the quality upon which selection can be based.

The previous observations were made from a supplier perspective and in particular its strategy. But Internet strategies are also related with Internet buying behaviour, thus also with buyer or user perspective, which determines a specific consumer profile. Another challenge created by global *e-commerce* is how to understand markets and potential groups of customers on the Internet, because misunderstanding consumer preferences may cause a successful strategy in one region or country but may fail elsewhere. The profiles of Internet buyers were analyzed by Beck and Lynch (2001) using a sample of advance users in 20 countries. The evidence of these users from those 20 countries shows the differences in beliefs, attitudes, perceptions and Internet buying behaviour among the countries or regions. Beck and Lynch (2001, pp. 727-735) using a particular methodology –which include a sample, procedures and measures- and employing a series of general linear models, tested the proposition that significant differences in Internet buying behaviour existed between

¹⁹⁰ According to the rank of Fortune 500 American's largest corporations in the Internet Services and Retailing, Amazon in 2006 was in first place of the rank (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune500>). In 1997 Amazon stock price was around US\$ 2.00 a share and in the 2006 the stock price was around US\$ 30, but Amazon prices rose until they surpassed the US\$ 90 a share during year 1999 (URL: <http://quotes.nasdaq.com>).

¹⁹¹ In 2006 eBay was at 5th position on the rank of Fortune 500 American's largest corporations in the Internet Services and Retailing. In 2006 eBay was one of the top 10 fastest-growing tech companies for job growth, it was ranked at the 8th position (URL: <http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune500>). In 1999 eBay stock price was around US\$ 2.00 a share and at the end of 2006 the share price was around US\$ 50 (URL: <http://quotes.nasdaq.com>).

regions.¹⁹² However, the findings in the mentioned work show that even with increased electronic interaction, people need to feel engaged -culturally or contextually- with vendors, even online (Beck & Lynch 2001, p. 735).

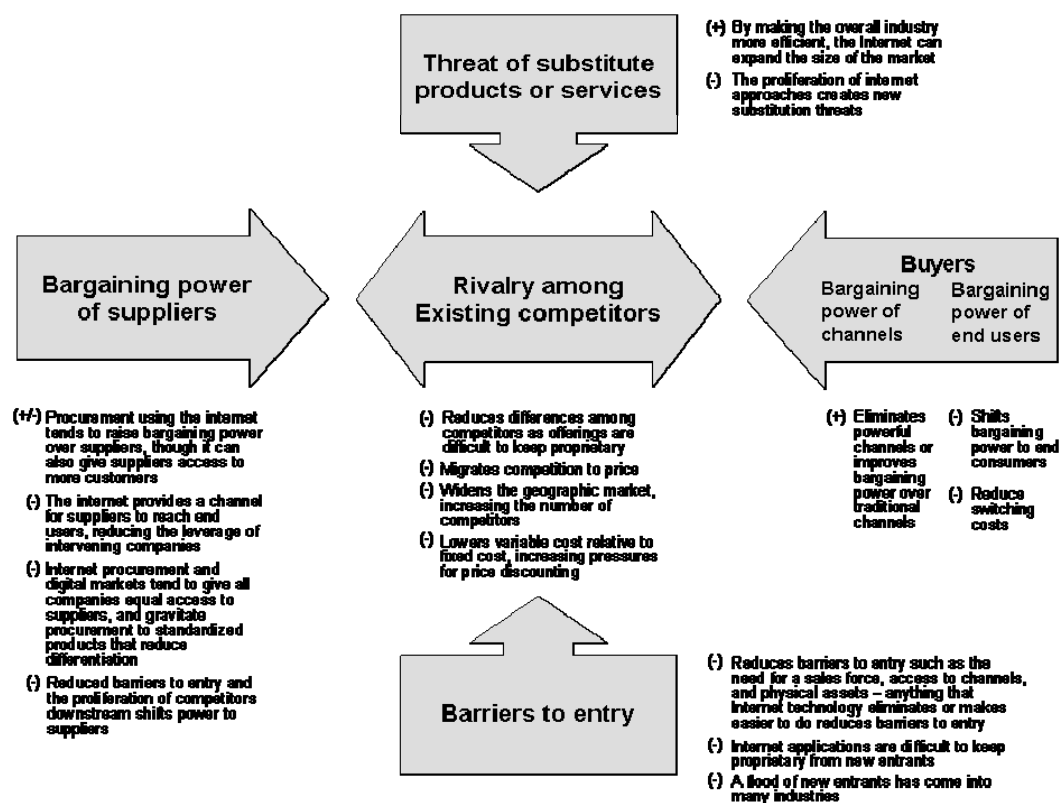


Figure 36: How the Internet influences industry structure. (Source: Porter 2001, p. 67)

There are many other subjects related with Internet business. While just mentioning a small part of what an Internet business model comprises, and describing some values of customer or supplier strategy, there are other numerous aspects regarding Internet business and its impact on the socio-economic context. Let's keep in mind that all of these aspects have been drawn in 2006 from research and literature of every kind, from business press headlines and scientific and technical books, to articles and reviews.

¹⁹² The techniques and the five models used by Beck and Lynch (2001) permitted an examination of differences in general beliefs and activities from the Internet that included every day attitudes toward technology, regional differences in shopping (for example, 'net shopping fear', preferences related to lexicons, sales patter, or jargon); differences in satisfaction that included the impact of culture on satisfaction, global buyers satisfied with form, function and product selection on North American sites, and the differences in site attitudes and perceptions. All of this suggested that vendors felt they had greater skill in locating specific products they had in mind and users had greater intent to return to the site to purchase, and greater perceptions of product value (Beck & Lynch 2001, pp. 741-747). These models revealed that, other than regional differences, there are differences in the online buying behaviour of a power category Internet user and one categorized as non-power (Beck & Lynch 2001, p. 733).

Therefore, each of the mentioned dimensions spheres or areas impacted by the Internet has been analyzed several times under several different approaches by almost all sciences (and technology-related corporations). While technological corporations affirm and support a particular technological view -focusing on particular matters-, academic analysis affirms and focuses on others. Furthermore, at each moment of Internet evolution analyses and forecasts have been different. Analysis material assembled before 1995 is different from that assembled during 1995-2000 and the subsequent impending technology-fall period up to the present day. Indeed, the research and publications of the first days of Internet and the current ones are considerably different. For example several of the nineties Internet-related papers offered a summary of major thematic resources available on the Internet.¹⁹³ But this kind of contribution –web site lists- currently seems trivial because Internet-related technology permits one to find and re-address sites (including advanced search) automatically so that dated publications are obsolescent. However, the Internet –and its dimensions- have been examined throughout its history as both an instrument for, and an object of, sociological, economic and scientific investigations –addressed from different approaches.

Alongside the dimensions above mentioned are the patterns, challenges and inquiries which emerge behind the Internet and networks, all of which are subjects of discussion and controversy. Internet governance is one of these other dimensions that concern all Internet-related coordination issues, laws and policies which induce multilayered cultural dynamics.

The governance issue affects the growth and development of the Internet because it is concerned with developed technical standards, sets of policies and laws, etc. Litan (2001b) surveyed the political, economic and social benefits of the Internet and outlined a framework for dealing with Internet policy challenges: privacy,

¹⁹³ For example, Goffe in 1994 published a guide with Internet resources for economists that included a description of how to connect to the Internet, mailing lists, Usenet group's lists by topic of discussion, database sites, etc. This paper is furthermore linked with the MacKie and Varian paper (also published in 1994 and in the same journal) which answers frequently asked questions (FAQs) about the economics of the Internet, and included a conceptual background of what the Internet is, as well as organizational and technological matters about the 'new' Internet. Certainly, today's Internet-related publications provide other kinds of detail on Internet technology, costs and pricing, governance, and a whole variety of problems both real and posed.

intellectual property, taxation and broadband access. Besides, these challenges are viewed from different approaches: those from whom the Internet should be kept as a 'regulation-free' zone, the 'interventionist' (or 'regulatory') approach and the 'pragmatic' one (Litan 2001b, pp. 1056-1057). Each of the Internet policy issues has been largely discussed and there is still no consensus, one of the reasons is the constantly changing nature of the network and organization of the Internet. The discussion of the legality of privacy and intellectual property varies from country to country, and the awareness of the problem varies from one approach to another. In addition, the metaphor of 'cyberspace as place' has contributed to certain world interpretations, certain legal uses and policies, design and implementation. Lemley (2003) has analyzed the differences between the real world and the Internet which leads to private-ownership rights and other policy issues. Goldsmith and Wu (2006) have analyzed if technological changes have had a lasting effect on how nations and their people govern themselves. The mentioned analysis revised and denied the validity of globalization theories, which diminished government role in comparison with other forms of human organizations (self-governing communities) and beliefs, in the homogenization of everything. According to Goldsmith and Wu (2006, p. 180) the importance of government is underestimated when Internet (and Globalization) is analyzed, recognizing the significance of governmental coercion to understand the future of the Internet. Further analyses have been made from the Internet's different positions (ideologies) and with the Internet's different interpretations, thus the debate about Internet governance (including its hypothetical national shape within the context of an international field, its domains and its borders) still remains open.

The following references and examples are intended to illustrate the above mentioned challenges involved in the Internet-related rights and regulations issues. According to Litan (2001, p. 1058) the political issue of privacy refers to the ability of consumers to control what kind of information becomes available about them which others may be able to view or gain access to, on the Internet. The mere act of visiting pages is already a privacy-related concern, due to the problem of 'cookies', web sites that request and collect personal information, search engines that permit the revelation of all kinds of personal information about others, etc. Privacy also involves the dilemma of regulating the free flow of financial information to companies (credit operations) and about companies (investment operations), as well as self-regulatory

initiatives that offer to forward personal information to third parties to be used for purposes quite different from those for which the data were originally collected. Another issue is site certification that will assure users about the reliability of what the sites say about their policies; privacy-related mandate cost and facilities are also among the open questions.

If a writer, publisher, designer or any other kind of content producer may want to own, use or want to use intellectual property on the Internet he/she must take into account the functional knowledge of how trademark, copyright and other laws, as well as various countries laws, may apply to each particular case. For example, the application for a trademark includes a classification and it must be expanded to include the trademark used on the Internet, when the trademark is to be used in both the real world and on the Internet. But, when the trademark is a domain name or is used solely on the Internet, there is no corresponding use in the real world or needs to exist a hard copy, in which case the registration and classification may be different. Trademark and intellectual property rights cost varies from one jurisdiction to another and also varies in respect to the time of protection or expiration of rights, which run from the application date.

Regarding Internet-related taxation issues there are many studies and measures, since this area of policy has been an object of deep controversy. Even after a theoretical 'bubble-crash', *e*-business will continue to grow as mainstream businesses move transactions online and *e*-commerce flourishes. Government reaction was to look for collecting taxes on online sales. While some authorities claim that not taxing the Internet is the best solution for encouraging the growth of electronic commerce (as those who clamour for the development of a tax-free zone for online sale), others believe that use and sales taxes in general are an important part of a government's revenues and are part of fair electronic commerce.¹⁹⁴ The right policies with legal

¹⁹⁴ In 2001, OECD countries agreed that consumption taxes for purchases made online should be paid in the customer's country of residence, no matter where the retailer is based, but still governments and businesses are discussing and trying to design other policies that are more simple and cost-effective. Nevertheless, in 2003 the European Union began to apply new rules on value added tax (VAT) for e-commerce (some claim that these rules resulted in complex and costly difficulties for firms -in particular, the small and medium-sized ones- and promoted online purchases cross-border). For example, downloads of digital goods made in the European Union (EU) were subject to value-added tax (VAT) rates of the supplier's home country, while physical goods ordered online were assessed at VAT rates of the country in which they were consumed. The E.U. member states have their own VAT rate, ranging from 15-25 percent of the price of the good sold. Goods and services purchased from EU vendors by non-EU customers were generally zero-rated. Non-EU retailers selling digital goods and services to EU purchasers

solutions have not yet become a reality, and the ways in which government and business can ensure compliance with tax rules is still being discussed. Litan (2001b, pp. 1072-1076) discusses the taxation problem and Goolsbee (2000) presents an empirical analysis of how local taxation affects purchase decision on the Internet. However, the taxation problem is discussed here because of its complexity, and because any possible solution may induce changes in various spheres, such as the economic, legal, geographical and even the moral.¹⁹⁵ Thus, Internet commerce taxes illustrate clearly the structural dynamic, i.e., how some Internet practices induce a series of changes, which in turn induce further ones, and so on. In addition, the taxation problem is related with that of privacy, because personal information is required for correct computation of taxes.

Broadband access involves a functional feature which is based mostly on economic aspects, and it is related to the Digital Divide problem. But also, broadband access involves the infrastructure features, which are mainly technical and can be considered as another Internet dimension. Both of these access-related features have been analyzed across several topic areas, and the references already cited are some of these¹⁹⁶: Litan (2001b, pp.1076-1081) who analyzes the broadband access from a policy point of view, and Castells (2001, pp. 248-260) who analyzes the digital divide as the inequality of access to the Internet. The analysis of Castells (2001, pp. 248-260) includes social aspects and the knowledge gap as determinants of inequality, but also the quality of Internet connection available -speed and bandwidth minimum required to allow certain uses and applications- determines the inequality of the access -causing digital divide.¹⁹⁷ Moreover, log-on to the Internet could be made using

were not subject to VAT, giving non-EU countries a pricing advantage in international e-commerce. The European Commission (EC) and the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) are revising the legislation in order to ensure that online services and digital goods sold to individuals would be taxed where they are consumed. They also are concerned about the potential tax revenue losses that may accompany un-taxed *e-commerce*. Yet according to Litan (2001b, p. 1073) in the U.S. there is no crisis. This is based on the first government report on Internet commerce (the Bureau of the Census), the total value of retail e-commerce in the fourth quarter of 1999 at a little more than US \$ 5 billion, which translate into an annual volume of roughly US \$ 20 billion, and in terms of sales taxes the e-commerce is costing U.S. states and local governments only a little more than US \$ 400 million, or less than 0.05% of their revenues.

¹⁹⁵ The taxation discussion has been considered also as a moral issue and more generally as a non-local ethical concern and it has focused on tax-fairness.

¹⁹⁶ The IEEE, for example, through IEEE Xplore is a digital library that posted new contents in technical literature (electrical engineering, computer science, and electronics) of worldwide publications (journals and magazines, books, conferences proceedings and standards). Several publications about the Internet, its applications and its impact are available in the mentioned library (URL: <http://ieeexplore.ieee.org>).

¹⁹⁷ Hence, one may say, that the digital divide issue faced an individual related accessibility problem (whether it be classified as a knowledge divide or ethnic divide) and a technological-related accessibility problem.

different types of connections: analog (dial-up), Digital Subscriber Line (DSL), cable, wireless (Wi-Fi), satellites and T-1 and T-3 lines, and so on. In order to access certain applications and receive better quality streaming video/audio high speed Internet connection is required. The accessibility to a particular kind of Internet connection could be considered as an infrastructure dimension, in which a positive feedback between applications and broadband requirements is recognized (applications that require speed Internet connections as minimum and recommended system requirements). In the context of Internet access or connection the complexity of the aspects that configure the problem represent a clear example of technological change and the effect on the economic and social structure.

Another of the dimensions built around Internet emergence is the 'social system', or the multilayered culture dynamic as defined by Castells (2001, p. 60) that has been induced by the Internet. The Internet is a technological system which is socially produced. The Internet's producers were also its early users, those who shaped the medium and generated a culture (Castells 2001, p. 36). The culture of Internet is the reciprocal interaction among the social system and the technological system. Hence the four-layer structure of the culture of the creators of the Internet, presented by Castells (2001, pp. 39-61), represents another of the Internet's dimension. There are two different kinds of Internet users: producers/users or those whose concern with the Internet feeds directly back into the technological system, and consumers/users or those recipients of applications and systems who do not interact directly with the development of Internet, even if their uses have an aggregate effect on the evolution of the system.¹⁹⁸

The culture of producers/users is what is known as 'the culture of the Internet' and the Internet culture layers are: the techno-meritocratic culture (of scientific and technological excellence), the hacker culture, the virtual communitarian culture, and the entrepreneurial culture. These layers are interdependent and are hierarchically disposed: at the top of the cultural construction that led to the creation of Internet the

¹⁹⁸ Again, this is because the value of a network depends on the number of connections. Indeed, the side-effect of a bigger network is what is known in economics as an externality. The externality arises from the network effects of Internet use, because new Internet consumers/users make the network more useful (getting round the problem of network traffic and congestion. About performance evaluation of telecommunication networks and traffic models, measurement and estimation see, for example, Altman et al (2000) and Duek (2002).

techno-meritocratic culture; the hacker culture approached meritocracy (on the shabby hypothesis that we can exclude morals from merit) by its capacity to create technology and to share it with the community; the virtual communitarian culture adds a social dimension to technological sharing in which the Internet is the medium of social interaction; and the entrepreneurial culture, which works on top of the hacker culture and on the communitarian culture, is money-oriented by diffusing Internet practices in all domains of society (Castells 2001, pp. 37, 60-61).

Moreover, these layers also exemplify the complexity of a social system. The culture of the Internet transcended individual patterns becoming a set of collective customs, values and preferences that produced it and shaped it. Like any other social organization (formal or informal), the culture of the Internet merges repetitive patterns and new patterns of behaviors. And, changing virtual behaviors change also social dynamics, and vice-versa.¹⁹⁹ The culture of the creators/users of the Internet is a social production based on an innovation, but at the same time they (the creators/users) shape the innovations. Therefore, the mentioned layers structure permits us to envisage the complex interconnected forms that assume social constructions.

Online culture is the inhabitant of a space or geography, and this space contains Internet dimensions. In spite of the fact that Internet is a computer protocol and a communication and data transfer mean, it is a space in which information flows or lies virtual. Multiple networks form the Internet architecture in which relationships between the culture-layers of Internet take place, leading to new socio-economic models. The Internet, like the telephone, is a communication medium that in the absence of social mobilization permits people to communicate, but the perceivable communication that it permits involves more senses (sight, hearing, and inasmuch as it is veritably digital a sort of touch). Also, the Internet permits the creation of novel products, processes and business models. The Internet, like any other innovation, broke with the past,²⁰⁰ however the remarkable feature and uniqueness of the phenomenon is that Internet became a sort of place—global, virtual, and ubiquitous.

¹⁹⁹ The openness of the Internet architecture (and free modification of Internet software) is also related with the constant reinvention of society, the knowledge reinforcing, the increasing importance of the academia and sciences, business domination, etc.

²⁰⁰ Thus, old ways had been discarded and new methods could be adopted. This is the essence of Schumpeterian process of creative destruction, the change within change, and Metcalfe (1998) dedicated an entire book on those regards.

Every day more dimensions are being added to the Internet, a continuing stream of uses and dimensions confirm its presence. From new radio technologies that evolve such as Wi-Fi, WiMax, Bluetooth, ZigBee, the proliferation of cellular voices and digital services, broadcast satellites, and more;²⁰¹ the sky network that NASA will build to network space communications;²⁰² Internet-TV that provides real TV channels;²⁰³ the online world telescope, thus a virtual observatory;²⁰⁴ the cyber attacks or terrorism that goes online;²⁰⁵ up to the many other uses and dimensions that are coming – such as Second Life, the 3-D virtual world entirely built and owned by its residents in a vast digital continent²⁰⁶ – that have been acquiring growing importance.²⁰⁷ Indeed, the aspects of Internet dimensions mentioned here are mere simplified descriptions of a complex reality, but they are offered in order to help us to recognize the major fundamental changes induced by the Internet which led to a redefinition of society and the economy. The next section analyses some of these new socio-economic models (and definitions) induced by Internet networks.

14.2.2.3. Some patterns of Internet Impact: the New Economy, the Network Society and the Information Age.

Through time, technological advancement has transformed economic — and social — systems. These technological progresses, which have marked ‘new eras’ and have been named revolutions, have changed communications and the spread of information. The invention of the telephone in 1875, the first radio stations during the 1910s, television in the 1930s, the invention of the microprocessor in the 1970s and

²⁰¹ Rubenstein (2007) outlines in his article the new radio technologies.

²⁰² Jackson (2005) briefly explains NASA’s idea of a network for space and the decision about the Internet protocol that will be used.

²⁰³ See Zattoo P2P IPTV (URL: <http://zattoo.com>).

²⁰⁴ A summarized description of the project is available in McDowell (2004).

²⁰⁵ See for example the Cherry (2005) article.

²⁰⁶ This virtual — parallel — world is named Second Life and it is available in URL: <http://secondlife.com>. This page offers: an exploration of the virtual world map, meet people, have fun, purchase virtual land, and more. Second Life has a fully-integrated economy with risk, innovation, virtual good and services and a unit-of-trade named Millions of Linden Dollars. The second life economy permits real money in a virtual world. Moreover, the unit-of-trade may then be bought and sold on LindeX (Second Life's official Linden Dollar exchange), or other unaffiliated third party sites for real currency. To participate in this virtual world a membership is necessary and there are different account types (with different costs and privileges). Upon observing Second Life issues it seems unnecessary to comment on the extreme importance of the Internet. Probably it is premature to assess the socio-economical impact that Second Life may have, however there is no doubt that the spirit of this application will have a significant impact on any traditional economy and on life itself.

²⁰⁷ For example, in 2006 IBM was using the virtual world of Second Life for corporate meetings, IBM has established at least one virtual island in Second Life where it has hosted employee meeting.

the Internet migration to public domain in the 1990s are examples of these technologies that impact the way in which societies communicate.²⁰⁸ The simple representation of 'technological discontinuity' (See Figure 28) describe these processes of breakthroughs by the emergence of a technology and its successive new products and/or new market sectors or segments, and in particular illustrates the Internet evolution and its 'peripheral' technologies and applications (Ehrnberg and Jacobsson in Ehrnberg 1996, p. 199).

Several examples could be cited to show *how* the Internet (and, in general, the ICT revolution) changed (and is still changing) the patterns of productions and the global economy (and society). However, many of these patterns are closely related with the Internet dimension examined in the previous section, indeed most of these dimensions are the dimensions of social and economic change. At this point, it seems to be necessary to examine the broad social and economic result of these processes embedded in the Internet, which are the New Society and the New Economy. In other words, the Internet dimensions (See Section 14.2.2.2) are dimensions of social and economic change that constitute, organize and change a new economic (and social) structure, named New Economy (and New Society).

This New Economy has, according to Kelly (1998, p. 2), three distinguishing characteristics: it is global, it favors intangible things (ideas, information and relationships) and it is intensely interlinked. These three attributes produce a new type of marketplace and society, one that is rooted in ubiquitous electronic networks. Different terms are quoted around this new economy phenomenon to denote the configuration on which it is based, and the most common are: Network Society, Information Age, Digital Age, *e*-Society, Knowledge Economy, etc. Castells (2000, p. 693) defined the Network Society as the social structure of the Information Age:

The twenty-first century of the Common Era did not necessarily have to usher in a new society. But it did. People around the world feel the winds of multidimensional social change without truly understand it, let alone feeling a grasp upon the process of change. [...] Most people in the world are lost about the meaning of the whirlwind we are going through. So they need to know which kind of society we are in, which kind of social process are emerging, what is structural and can be changed with purposive social action. (Castells 2000, p. 693)

²⁰⁸ Freeman and Soete (1997, pp. 158-87) classified these innovations as electronic communications and computing systems and included radio, television, radar, computers and other electronic equipment.

There is an agreement about the Internet changing society, but there is no agreement in which ways it is changing it (and the economy), and what those changes are. An example of this controversy are in the positions of two authors cited before, whose views come from two different social sciences fields — sociology and economics. Castells (2000, p. 698) considered the Internet as the backbone of the social structure of a new society, and indeed began one of his books defining the Internet as ‘the fabric of our lives’ (Castells 2001, p. 1). But in the economic context, Castells (2000, p. 693) considered the New Economy as a component of a New Society, and also considered that the Internet-based economy is gradually transforming the old economy (Castells 2001, p. 102) and wrote:

In a society where private firms are the main source of wealth creation it should come as no surprise that, once the technology of the Internet became available in the 1990s, the fastest, most comprehensive diffusion of its uses took place in the realm of business. The Internet is transforming business practice in its relation to suppliers and customers, in its management, in its production process, in its cooperation with other firms, in its financing, and in the valuation of stocks in financial markets. The proper uses of the Internet have become a key source of productivity and competitiveness for all kinds of business. For all the hype surrounding the dot.com firms, they only represent a small, entrepreneurial vanguard of the new economic world. And, as with all daring enterprises, the business landscape is littered with the wreckage of unwarranted fantasies. Yet, there also phoenix-like business projects, many of which emerge from their own ashes again and again, learning from their mistakes to try anew, in a productive spiral of creative destruction. [...] The importance of *e-business* goes well beyond its quantitative value. Because, as of 2001, about 80 percent of the transactions over the web are B2B, and this implies a profound reorganization of the way in which business operates (Castells 2001, pp. 64-5)

As quoted in the previous section, Porter (2001, p. 64), considers that the Internet as such will rarely be a competitive advantage. Moreover, even when the Internet has created some new industries, the Internet has only changed the front end of the processes, therefore whether an industry is new or old, its structural attractiveness is determined by five underlying forces of competition (See Figure 36).

The ‘new economy’ appears less like a new economy than like an old economy that has access to a new technology. Even the phrases ‘new economy’ and ‘old economy’ are rapidly losing their relevance, if they ever had any. The old economy of dot-coms is merging, and it will soon be difficult to distinguish them. Retiring these phrases can only be healthy because it will reduce the confusion and muddy thinking that have been so destructive of economic value during the Internet’s adolescent years. In our quest to see how the Internet is different, we have failed to see how the Internet is the same. While a new means of conducting business has become available, the fundamentals of competition remain unchanged. The next stage of the Internet’s evolution will involve a shift in thinking from e-business to business, from e-strategy to strategy. Only by integrating the Internet into overall strategy will this powerful new technology become an equally powerful force for competitive advantage. (Porter 2001, p. 78)

Moreover, these authors consider a different fundamental factor as their first source of value. According to Castells (2001, p. 91) the labour — understandable as workers able to navigate — is more important than ever in an economy dependent on the ability to retrieve, process, and apply information. The New Economy improves labour productivity and increases competitiveness of firms, as a result of innovations (Castells 2001, p. 103). Instead, according to Porter (2001, p. 65) the source of economic value is the gap between price and cost. The Internet rarely nullifies the most important sources of competitive advantage in an industry; the Internet has potential advantages when it is integrated with traditional competitive advantages (Porter 2001, p. 78).

However, Castells (2001, pp.102-12) analyzing the New Economy, also recognized its recession and crisis, but as an expression of new forms of the business cycles.²⁰⁹ The fluctuations of business cycles in the New Economy are synchronized with the stock market fluctuations, or vice-versa. Hence, the new business cycle is different from the industrial economy, and furthermore is reinforced by the dynamic of the financial — and innovation — cycles, in other words, the convergence of these different cycles reinforces each other in the dynamic of upturns and downturns (Castells 2001, p. 109). At this point, there is a sort of agreement between views, even when the sources of analysis are different. In the same way that Porter (2001, p. 65) assigned a considerable importance to stock prices — as a distorted market signal —, Castells (2001, p. 111) distinguished the reliance on stock-based acquisitions to spur technological innovation — making the companies excessively dependent on stock valuations.²¹⁰

A comparison of the above views would indicate that even if the perception of the contemporary economy is of a New Economy, its definition, organization and implications are not theoretically established yet. Nevertheless, the DiMaggio et al. (2001) works summarize the research by social scientists about the Internet, including a review of some of sociology's major theoretical tradition that provides different

²⁰⁹ About business cycles see Section 13.2.

²¹⁰ As already quoted in previous Chapters, this topic — technology and financial capitals — have been analyzed by Pérez (2002).

views to understand the Internet's influences upon society.²¹¹

In order to show the impact of Internet on socio-economic patterns, it became necessary to set up some definitions, which are New Economy, Network Society and Information Age. According to Castells (2000, pp. 693-5) the New Economy is only one component of the New Society, and the Network Society is its social structure. In general terms, and have been referred in previous sections (See Sections 2.1, 6.3 and 9.1.), social structure refers to the entities (or any given set) in a definite relation to each other, which in the case of the New Society is made up on networks.²¹²

The dynamic of our society, and particularly our new economy, will increasingly obey the logic of networks. Understanding how networks work will be the key to understanding how the economy works (Kelly 1998, p. 9)

As quoted in Section 14.2.2.2, the Internet's multidimensionality is based on the network in which it is configured, and also on different social and economical networks which deal with it. Common examples of networks are the following ones: contemporary financial operations in which transaction — financial market access and banking transactions — are made by means of electronic networks; the World Wide Web to publish anything at anytime; virtual markets in which business transactions are conducted via open networks based on the fixed and wireless Internet infrastructure; users networked by common interests; and so on.

Networks have existed in every economy. What's different now is that networks, enhanced and multiplied by technology, penetrate our lives so deeply that "network" has become the central metaphor around which our thinking and our economy are organized. Unless we can understand the distinctive logic of networks, we can't profit from the economic transformation now under way (Kelly 1998, p. 2)

It might be enough to consider the DiMaggio et al. (2001, p. 307) definition of the Internet to understand the link between the Internet as a technology, and the terms quoted to refer to social and economical models that the Internet has been guiding. The Internet is the electronic network of networks that links people and information

²¹¹ Indeed, each of these theoretical traditions based its analysis on their own definitions of social structures. Some of the sociological tradition definitions of social structure are presented in Section 2.1, such as the definition in which is based on the Durkhemian, Weberian and Marxian perspectives cited in DiMaggio et al. (2001).

²¹² Networks were historically useful for personal interactions, for solidarity, for reciprocal support; but they were bad performers in mobilizing resources and focusing these resources on the execution of a given task. Large and centralized apparatuses usually outperformed networks in the conduct of war, in the exercise of power, in symbolic domination, and in the organization of standardized mass production. Yet this substantial limitation of network competitive capacity was overcome with the development of new information/communication technologies, epitomized by the Internet (Castells 2000, p. 695).

through computers and other digital devices allowing person-to-person communication and information retrieval. Therefore, the Internet network leads to the massive publication, consumption, and manipulation of information — including multimedia files created and displayed on the Internet. Based on this aspect other terms have been built up: Information Age or Digital Age; or a larger term used by Freeman and Louça (2001, p. 301), the Age of Information and Communication Technology (ICT).²¹³ These kinds of terms are used to make reference to the new patterns related with networks of knowledge and information. The social structure²¹⁴ of the Information Age is based on information networks powered by microelectronic-based information technologies (Castells 2000, p. 695). Furthermore, according to Castells (2001, p. 207) the resulting space of flows is a new form of space, which is characteristic of the Information Age, and it is related with the geography of the Internet — networked places. This geography is made of networks and nodes that process information flows generated and managed from places (places linked by telecommunicated computer networks and computerized transportation systems), hence the Internet redefines distances but does not cancel geography, even if new territorial configurations emerge from a simultaneous process of spatial concentration, decentralization, and connection in which global variable information flows.²¹⁵ An overview of the technical achievements that have resulted in the Digital Age rate of change have been presented by Fuchs (2001, pp. 46-51) and have been focused on three key technological trends: (a) the exponential growth in computer processing power, (b) advances in telecommunications, and (c) the availability of an enormous quantity of Internet-accessible, media-rich digital information.

But, no matter which name variations were used to denote the social and economical phenomena that emerged — still emerging — from new ICT technologies, they have important implications for social and economic change. These implications have been defined by Castells (2000, pp. 694-5) as ‘multidimensional

²¹³ Freeman and Louça (2001, pp. 301-3) affirmed that the Age of Information and Communication Technology (ICT) is a less controversial age in which the potential of new technologies is recognized. If future problems that are already becoming apparent are considered it becomes evident that fast-changing technology and the rapid rate of structural change do not permit an up-to-date account of the latest developments in ICT and so render it impractical to focus analysis on mere prediction.

²¹⁴ Castells (2001, p. 695) means by social structure the organization arrangements of humans in relationships of production/consumption, experience, and power, as expressed in meaningful interaction framed by culture. This definition includes the economical sphere and finds similarities with Marx’s definition of social structure, which has been presented in Section 2.1.

²¹⁵ See Castells (2001, pp. 207-42).

components of social change'. At this point it is important to clarify that even when some dimensions of Castells (2000 pp. 694-5) coincide with dimensions we discussed in the previous section, there are other orders of understanding which are used as an approach to socio-economic implications, and are thus perspectives that are comprised by Internet analysis. Overall, the multidimensional components (or axis) of social change are:

1. The deployment of **new information technology**²¹⁶ — and Internet network — that underlines emergence of new forms of production and management, of new communications media, and the globalization of economy and culture.²¹⁷ New technologies are not causal factors of social change, but they are indispensable as means that permit social change to take place (Castells 2000, p. 694). In addition:

But while the fast-forward technological revolution gets all the headlines these days, something much larger is slowly turning beneath it. Steadily driving the gyrating cycles of cool techno-gadgets and gotta-haves is an emerging new economic order. The geography of wealth is being reshaped by our tools. We now live in a new economy created by shrinking computers and expanding communications. (Kelly 1998, p. 1)

2. **Globalization**²¹⁸ is understood as the technological, organizational and institutional capacity of the core components of a given system, such as the economic, to work as a unit in real time on a planetary scale (Castells 2000, p. 694). More precisely, Held et al. (1999, pp. 79-80) presented a table in which historical — Early Modern from the 14th to the 18th century, Modern from the 19th to the 20th century and Contemporary from 1945 on — forms of political globalization have been summarized. In this table the last historical period is characterized with an intensity of an unprecedented level of flows, agreements, networks (formal and informal) and connections, based on highly interconnected but changing infrastructures (thus change in size, form and range of regimes, international and transnational organizations and legal mechanism), in which

²¹⁶ Which, according to Castells (2000, p. 693), includes genetic engineering as the information technology of living matter.

²¹⁷ This dimension is closely related with the network interactivity in the economy mentioned in previous paragraphs.

²¹⁸ Commonly there are at least three important types of globalization: globalization of *consumption* (the nation in which a product was made becomes independent of the nationality of the consumer); globalization of *production/ownership* (the nationality of the owner and controller of productive assets is independent of the nation housing them) and globalization of transport and information (international trade increased spatial interdependencies between elements of the global economy and consequently their level of integration and communication). These types of globalization are currently supported on ICT technologies that had permitted the connection and networking of the elements of the world economy.

communications and interactions are global and in real time. Furthermore, the modes of interactions are pursued within an emerging framework of cooperative and collaborative endeavor — with a particular geo-economics²¹⁹. Nevertheless, Leamer and Storper (2001) discussed to what extent the Internet would affect the location of economic activity. In particular, they proposed that the Internet generated a revolution in the economic geography of the 21st Century, creating neighborhoods connected not by roads and canals but with wires and microwave transmissions.²²⁰ According to Leamer & Storper (2001, p. 643), yet after the very substantial transportation and communication improvements during the 20th Century, most exchanges of physical goods continue to take place within geographically limited ‘neighborhoods’. They argued that the Internet might produce the same than previous rounds of infrastructure improvements, which have had a double effect, permitting dispersion of certain routine activities but also increasing the complexity and time-dependence of productive activity, and thus making agglomeration more important. Internet will produce certain forces for de-agglomeration, but offsetting and possibly stronger tendencies toward agglomeration (Leamer & Storper 2001, p. 655).²²¹

²¹⁹ “As the growth in foreign licensing since the 1960s suggests, commercial forces rather than geopolitics have become increasingly powerful determinants of the global pattern of military technology transfer. This has become even more apparent since inter-block rivalry has been replaced by a more fluid international environment in which geopolitics takes second place to geo-economics.” (Held et al. 1999, p. 199)

²²⁰ The economic geography of the 18th century was much affected by the costs of moving raw materials to production locations where the raw materials could be combined with labour and capital to make final products. At the end of the 18th century, home and workshop production were still the rule, and towns and cities were mostly marketplaces and transportation nodes. In the 19th century, the growing importance of mechanization in manufacturing, and hence of physical capital, created pressures to centralize production in factories and in cities where a deeper division of labour allowed capital to operate many more hours during the day. The agglomeration needed to support this division of labour was made possible by great improvements in transportation systems as roads, canals, railroads, clipper ships. Over the 20th century, improvements in transportation and communication systems allowed increasing geographical fragmentation of production and increasing global trade in intermediate inputs. Yet the phenomenon of agglomeration of producers remains quite common. But the 20th century tendency toward geographical fragmentation of the chain of production was accompanied by the spatial agglomeration of certain parts of the chain, particularly the intellectual/immaterial activities such as accounting, strategy, marketing, finance and legal work. These intellectual activities have increased greatly as a share of value added and are amenable to extremely fine and highly efficient divisions of labour that make it uneconomic for a single firm to employ these specialists on a full time basis, instead outsourcing these functions (Leamer & Storper 2001, p. 642). From this history Leamer and Storper (2001, p. 643) concluded that economic progress over the last three centuries has come with an increasingly fine division of labour, physical labour in the 19th century and intellectual activities in the 20th. But the finer the division of labour, the greater are the coordination needs. Routine coordination of standardized intellectual or physical tasks can be done within ‘markets’ that can be extended geographically with communications technologies. But complex and unfamiliar coordination of innovative activities requires long-term relationships, closeness and agglomerations

²²¹ Indeed, Leamer and Storper (2001, p. 643) recognized two opposing forces that shape the history of economic geography, thus the story of coordination over space: (1) the constant transformation of complex and unfamiliar coordination tasks into routine activities that can be successfully accomplished at remote but cheaper locations, and thus an ongoing tendency toward de-agglomeration or dispersion of production; (2) bursts of innovations that create new activities requiring high levels of complex and unfamiliar coordination, which in turn generates bursts of agglomeration. As with previous rounds of innovation in transacting technologies, the Internet offers some of both.

The Internet will probably reinforce the roundaboutness of production and hence of the importance of face-to-face contact, though it will also probably make possible greater linkages between different localized clusters at very long distances. All present signs are that the metropolitan areas that house these activities, which will be increasingly large and internally polycentric, will be the big 'global city' winners of the Internet Age, and that these cities will be increasingly interlinked as the sites of these clusters. (Scott in Leamer & Storper 2001, p. 658)

3. The Internet electronic **hypertext**, as the common way to electronically organize and manage material is, in terms of Castells (2000, p. 694), the frame of reference for symbolic processing from all sources and all messages. Moreover, the hypertext became the media of a new culture – the culture of virtual reality - in which the virtual becomes a fundamental component of a symbolic environment.²²² This dimension coincides with the third group of technical achievements that have resulted in the Digital Age presented by Fuchs (2001, pp. 46-51), but Fuchs (2001, p. 50) extended this issue and considered multimedia files, even if the growth of information in many academic disciplines has been less impressive:

Today's Internet provides not only a mechanism for communication on a global scale, but also access to massive collections of text, audio, images, and videos. [...] When I began giving talks in 1994 about the World Wide Web, I struggled to find web sites that were informative and presentable. At that time, there were only about fifty known web servers. There are more than 10 millions today, and yet it is estimated that 1 percent of all of the information important to academicians is currently online. The 50 exabytes or so (that's 50 quintillion bytes) of printed data in the world is twenty-five times the amount of data storage ever manufactured. Fortunately, Moore's law is also bringing down the cost of data storage. [...] In many academic disciplines, of course, new literature and data are being created digitally, thereby limiting the amount of existing information that must be converted to digital form. The Sloan Digital Sky Survey is a seven-university cooperative enterprise that will result in a precise electronic map of the northern sky. The imaging survey of 10,000 squares degrees of the sky, 70 millions stars, and 50 million galaxies will result in approximately 15 trillion bytes of data, an amount that will rival in quantity the total information content of the Library of Congress. (Fuchs 2001, pp.50-1)

4. The demise of the sovereign **nation-state** is largely a consequence of the emergence of global networks in the economy, and of the immediate dispersion of knowledge and information. It is not that current nation-states will disappear in their institutional existence, but their existence as power apparatuses will be profoundly transformed, as they are either bypassed or rearranged in networks of shared sovereignty formed less and less by national governments, and more and

²²² As mentioned in Section 14.2.2.2, the virtual community that results from interaction in computer networks develops and diffuses forms and uses of the Internet (messaging, mailing lists, chat rooms, multi-user games, conferences, etc.), as well as Castells (2001, pp. 52-5, 116-33) virtual communitarian culture and the new patterns of social interaction.

more by supranational institutions, conational institutions (such as the European Union, NATO, or NAFTA), regional governments, and NGOs, all interacting in a negotiated process of decision making. As a result, the issue of political representations is also redefined since democracy²²³ was constituted in the national enclosure (Castells 2000, p. 694).²²⁴ Held et al. (1999) as well discussed this dimension:

Today, virtually all nation-states have gradually become enmeshed in and functionally part of a larger pattern of global transformations and global flows (Nierop 1994, p. 171). Transnational networks and relations have developed across virtually all areas of human activity. Goods, capital, people, knowledge, communications and weapons, as well as crime, pollutants, fashions and beliefs, rapidly move across territorial boundaries (McGrew, 1992). Far from this being a world of 'discrete civilizations', or simply an international society of states, it has become a fundamentally interconnected global order, marked by intense patterns of exchange as well by clear patterns of power, hierarchy and unevenness. (Held et al. 1999, p. 49)

5. Progress in **scientific knowledge** refers to the use of science to correct its own one-sided development, by redefining the relationship between culture and nature that characterized the industrial era. A deep ecological consciousness is permeating the human mind and affecting the way we live, produce, consume, and perceive ourselves. Kelly (1998, p. 1) comments:

One by one, each of the things that we care about in life is touched by science and then altered. Human expression, thought, communication, and even human life have been infiltrated by high technology. As each realm is overtaken by complex techniques, the usual order is inverted, and new rules established. The mighty tumble, the once confident are left desperate for guidance, and the nimble are given a chance to prevail. (Kelly 1998, p. 1)

In addition to the above multidimensional Internet axis of social change, there are five identified domains in which current research tends to focus when concerned with the socio-economical impact of the Information Age — or with the socio-economic implications of the Internet — (DiMaggio et al. 2001, pp. 310-27)²²⁵:

1. Inequality — the Digital Divide —;
2. time use, community and social capital;
3. political participation;
4. organizations — and other economic institutions —; and
5. cultural participation and cultural diversity.

²²³ Redefinition of democracy by the Internet is considered in Section 14.2.2.2 as one of the Internet dimensions.

²²⁴ However, this is point could be highly controversial. One may reason, for example, that if applies to the European Union, scarcely applies to NATO and drives U.S.A. dominance, and so forth.

²²⁵ DiMaggio et al. (2001) addressed these five topics summarizing the results of research undertaken by social scientists and other investigators. But many questions remain and a pattern has been identified: early writings projected utopian hopes onto the new technology, eliciting a dystopian response (DiMaggio et al. 2001, p. 310).

A recurrent theme across these domains is that the Internet tends to complement rather than displace existing media and patterns of behaviour. Internet use adapts to existing patterns, permits certain innovations, and reinforces particular kinds of change. Moreover, in each domain the ultimate social implications of this new technology depend on economic, legal, and policy decisions that are shaping the Internet as it becomes institutionalized. Accordingly researches on each of the above five topics yields two conclusions: first, the impact of Internet is more limited than the utopian or dystopian visions suggest; and second, the nature of that impact will vary depending upon how economic actors, government regulation and users collectively organize the evolving Internet technology (DiMaggio et al. 2001, p. 310).

The Network Society, on which the New Economy is based— and the Information Age —, have become another debated topic of discussion (as demonstrated by the disparity between the above cited works) of contemporary research, and policy planning. The understanding of this social structure implies a challenge to the theory, and according to Castells (2000, p. 696) this implies more than analyzing social network. Instead it requires re-conceptualizing many social processes and institutions as expressions of networks — moving away from a conceptual framework organized around the notion of centers and hierarchies. Through two examples Castells (2000, p. 696) illustrated the need for an expansion of network-based perspective in accordance with current trends of social evolution. The first example concerns the traditional sociological field of ‘industrial sociology and urban sociology’ from which emerged a business organization diffused by the ‘network enterprise’ (this specific form of enterprise comprises what is called *e-business* and it was explained in Section 14.2.2.2).²²⁶ The other example is the transformation of spatial structure (a classic theme of urban sociology) that is concerned with many topics referred in above paragraphs (and an illustrative example could be the Second Life one mentioned in the previous section) and is related with concepts as ‘space of places’, the ‘space of flows’²²⁷ and the ‘global city’.²²⁸ In

²²⁶ In the network enterprise other different relationships emerge than those of the ‘Internet culture’, thus a sort of occupational and industrial organization relationship based on networks rather than on vertical hierarchies come into being. (Castells 2000, p. 696).

²²⁷ Also Kelly (1998, p. 96) discussed the course ‘from places to spaces’: network economy shifts places to spaces. In the new realm of high dimensional spaces, the network economy exhibits the following space-based behaviors: (a) a different kind of bigness, (b) rampant clustering, (c) peer authority and (d) e-intermediation.

²²⁸ Which was also quoted by Leamer and Storper (2001, p. 658) from another point of view.

particular the last one seems attractive for economic research because global cities are made of territories that in different cities ensure the management of the global economy and of global information networks.²²⁹ Consequently, networks turn into more important problems because the social structure of Information Age could be increasingly interactive and constantly changing networks powered by the Internet — and, in general, by ICT technologies. From this point of view, the evolutionary economics theory (See Section 13.1) could be considered a suitable approach, because this theory is appropriate to analyze systems with structures such as the New Economy, thus accessing a social structure made up of evolving, dynamic and multidimensional networks.

Internet versatility renders a heavier impact than other innovations, even if when considering innovations in general it is plausible to claim that the technology will be implicated in many kinds of social change. The Internet technology particularly enhance new society definitions signaling a new ‘era’ or ‘age’. The above conception of society and economy — New Economy, Digital Age, etc. — could be seen as a ‘paradigm shift’, because the Internet overwhelmed societies by new ways of doing things but in particular by a shift in thinking of society, and in the economic area — changing society's approach to economic dynamics, habits and beliefs. In Kuhn's sense, the Internet, like any other paradigm shift, has created new paradigms within itself — Internet-related technologies, customs and beliefs — that might be able to handle new shifts (Kuhn 1995, p. 79). Hence, the Internet has structured information as linked units within a distributed, multi-linear network and has spawned the New Economy, Information Age or Digital Revolution that is generating a shift of paradigm in human communication and understanding. The emergence of a novel technology — as was the Internet — is a precondition for paradigm change, then, as paradigms change the collective behavior also changes, because individuals begin to look at the society and the economy quite differently with the result that their actions become different and impact the socio-economical framework.

²²⁹ This example is closely related to the ‘geography of Internet’ (Castells 2001, pp. 307-42), and is associated with some concepts — such as the deployment of new information technology, globalization, the sovereignty of nation-states — of multidimensional axes or components of social changes presented in the above paragraphs.

For the above reason, the measure in which the Internet has been changed and will change society and economy does not matter, because what is important is that it indeed has impacted and changed the structure of society, perhaps not because of its technological deployment — if it is hypothesized as another communications medium — but perhaps because of social and economical perceptions.²³⁰ Choices are being made — systems developed, money invested, laws passed, regulations promulgated — that will shape technically, economically, culturally and normatively the systems structure for years to come. Nevertheless, many choices have been based on behavioural assumptions about society, markets and the Internet impact and interaction. Such assumptions should represent more than guesswork (DiMaggio et al. 2001, p. 308).

Possibilities of the new economy or digital age are given — and will be given — by technology advancement and by ability to upgrade technological capabilities and institutional frameworks. Predictions are difficult, but not only because — as quoted by Fuchs (2001, p. 45) — technology is changing so rapidly, instead because the complexity of the process of interaction between society and technology, in which different kind of factors are involved — such as costs, adaptation, networks, geography, congestion, and so forth. Notwithstanding, predictions are not at all the scope of these sections, which describe and illustrate the process of change, where the increase in the ability of understanding and insight of the problem and not the capacity of predictions is important. Therefore, on one side technological conditions are given by social, economical, financial and political choices, but on the other side, the dynamic of these conditions and choices are based — among other factors — on perceptions. Finally, the definitions and examples provided here through Chapters 12, 13 and 14, supplied an overview of theoretical and technical achievements that have resulted in the last decades as impressive Internet-Computer-related changes. Socio-economical impact and some trends may be distinguished, but the conditions, public or private collective goals and direction for the next years must be interpreted and analyzed carefully, with emphasis upon complex dynamics and evolutionary ideas of growth and technological change warranted if (and only if) one takes appropriately into account the dynamic implications of micro and macro diversity, social and

²³⁰ For example, early stages of the Internet, in which marketplace outcomes served as guidance, but these distorted market signals resulted in distorted market behaviours.

economical assumptions about technology and market randomness. It is also important to recognize early the role of localized and very rare occurrences which suddenly spring into significance as they are perceived by intelligences now available and which increase on an exponential curve at high speed.

15. FINAL REMARKS

Societies and economies evolve through time and their patterns of evolution depend on technological innovation, social structure, political and institutional frameworks, ecological environment and natural resources — all set upon a cultural base. Societies and economies change during their evolution, and how they change and in what ways their structures alter depends on the relations between all the above. Technological innovation is the feature this work singles out to promote an understanding of evolution and structural change as an evolving phenomenon within this context.

The modern industrial capitalist and information economies are characterized by massive changes spanning local and global scales, both in their human-related as well as their material-related components. Current economies move through periods of high instability that reflect deep change in economic, social, political, and cultural features all of which are associated with the use and intensification of various technologies. Neither the micro (local) nor macro (global) level has been assumed as a starting point for this work, because the very complexity of economic and social consequences as the result of constant innovation requires an analysis which is able to take a changing point of view.

In addition, the speed and magnitude of global change, the increasing connectedness of the social and economic features at the planetary level, along with the impact upon the environment, are all factors that must be brought under consideration. These factors, combined with the growing complexity of societies and the transformations introduced by the increasing deployment of technology, result in a high level of uncertainty and unpredictability, presenting new paradigms for humankind. It thus becomes extremely important not only to understand systems, but also to be able to provide insight into their effects and to forecast their trajectories, since it is clear that the awareness of risks which inevitably accrue does not necessarily imply the capacity to reduce these risks or to provide backup in case of failure.

In this work with its particular concern for technological innovation, two approaches to structure analysis have been summarized in Chapter 13. Evolutionary economics recaptures the nature of human knowledge in a world of change, and furnishes an overview in regard to how economic systems evolve. Patterns of change configure long-term fluctuations, and although the wave metaphor may give an impression of a smoothness and regularity, this is certainly not characteristic of the process of change. However the wave is a good metaphor for evolution (not equilibrium), and it is appropriate to describe the long-term evolution of certain economic structures to show the nature of irregular growth. In other words, the wave metaphor implies that the evolution of economic variables oscillates between a maximum and a minimum which are not constant levels. Indeed, according to Freeman and Louça (2001, p. 118), analogy stemming from this metaphor is limited, because society is not constrained by this type of permanent boundary, given the persistence of technological innovation; and moreover, evolution is instrumental in the creation of variety and novelty.

Human history has been characterized by irreversible changes, such as the development of tool usage, institutions, societies, controlled environments, transportation and communication. History has been viewed as the transition from one stage to another as a chronological phenomenon. However, time's progress need not be considered as continuous and linear; on the contrary it is unstable and changing. There is no unique source of change that determines time's progression. In time, one can recognise emergence and trace it through different levels of complexity, including innovations in the fields of biology, institutional founding, environmental alteration, religious comprehension, cultural variance, political necessity, geographical influence and technical mastery, but all the time one must realize that the very nature of time itself is indiscrete. Most of the emergent changes discussed here are social, but even those which are strictly technological have social impact.

Hence, social science, and in particular economics, is concerned with history, since over time any transition is closely related to the levels of development in social awareness and economic control. Many of the sources of change found their origins in what may be designated as scientific, social or economic contexts, while these contexts taken as individual paradigms can also be seen to determine evolution.

Economics, however, is a different field of history, despite the fact that economies are historical by nature — it requires its own theories of history that include and go beyond the cyclical and developmental. This work has conceived economics as evolutionary within an historical context and has described forms of technology innovation related with successive stages, each with resultant changes in economic patterns.

In relation to evolutionary processes, ‘creative response’ or ‘creative destruction’ (See Section 14.1) are appropriate terms to define the features of modern capitalistic systems in which the economy is characterized by the emergence of new activities, the failure of existing ones and the changing relative importance of those that already exist. Therefore, the modern capitalist system is characterized by the ever present phenomena of structural change. The Schumpeterian expression ‘creative destruction’ helps us describe capitalism’s decentralized and distributed capacity for introducing new patterns of behaviour that drive economic changes from technological innovation. And, in particular the term ‘destruction’ is a suitable metaphor to both describe and to understand structural change.

Also here two examples were analyzed following the mentioned approaches or view. The example’s study had been a research strategy which focuses on understanding the dynamics present the cases of the computer and the Internet. These two examples involve multiple facets at numerous levels of analysis, and both of are considered at macro and micro levels. In the case of computers there are two interchangeable levels of analysis: firm and industry level. On the firm or company level the IBM case was considered a polar type, because it is a clearly successful firm with key role in the development of computers. Throughout the history of computers patterns of change have been identified in the structure of the computer industry, so that various approaches to the study of technological change in industry were also mentioned. These approaches can be replicated as we consider the Internet because it renders a qualitative picture for the study of change as a process. The multidimensionality of the Internet has permitted the illustration of activities in the social, economic, geographic and even cultural sphere that have been influenced and transformed by the arrival of online technology. This example is one of considerable complexity in that the uses and applications of the Internet, its multidimensionality

and the exponential changes that it has induced (and is still inducing), is an ongoing presence in an increasing variety of spheres. But perhaps the major fundamental change induced by the Internet had been that it has led to a redefinition of society and the economy. Some of these new socio-economic models (and definitions) spawned by the Internet have been analyzed as well.

Studies and models that have provided references in regard to the technological change complex have so far been concerned exclusively with the form in which the 'dynamic' takes place by describing 'discontinuities' in product performance. These models also analyze *ex post* 'dynamics', limited to effect, explicitly *a posteriori* to technological change. These models and studies (most of them confined to empirical data) cannot predict changes, and more importantly, they do not change their structure as models when changes occur. However, in the two examples analyzed were showed how changes occur, and this leads to the recognition of similarities and differences in the circumstances of the change under observation. Moreover, these examples clearly demonstrate how difficult a socio-economic process of induced change can be as model seen in a technologically deterministic way. The descriptions and histories presented have permitted a more complete understanding of the complexity of technological change and economic dynamics.

Historians have contextualized periods and defined the breaks between them as revolutions. In the previous chapters the focus of attention has been oriented toward the mode of sweeping change as evidenced in Information and Communication Technology-ICT. Nevertheless, considering the multiple layers that characterize any social system, a clear demonstration of the effects of technical progress on economics constitutes the most troubling aspect. Two heads must be considered in this regard. The first is that revolutions are historical and multidimensional processes that mark the difference between two periods, and the second is that 'revolution', allowing the tautology, is a post-revolutionary concept insofar as it is conceived as *fait accompli*. Thus, in the ICT revolution, and in particular when the two examples here considered are commented upon by contemporary observers, it must be realized that they are taking the risk of a lack of accuracy. In fact, any static model of an 'ongoing revolution' is preposterous; since any analysis construed there from will be inaccurate for historical reasons. In this aspect Freeman and Louça (2001) have affirmed:

No one can predict the future course of events in a very unstable system, as so much depends on the rate and direction of social and political change, both in the United States and in other countries, and also in the international financial institutions. Therefore, since the institutional and social changes associated with this technological revolution are still unfolding and are at relatively early stage [...] (Freeman & Louça 2001, pp. 302-3)

Very different ideas have attended the birth-pangs of the Information Society since the 1970s. In the last two decades of the twentieth century it has been quite widely assumed that taxations should be reduced and government expenditures diminished. Moreover, not only conservative and neo-liberal parties and ideologists, but also many erstwhile socialist and social democratic parties, have abandoned their belief in public ownership and central planning and embraced the philosophy of the free market. [...] However, it remains to be seen how far the tide of deregulation and rollback of state intervention will flow in the new information society. The weakening of government, which has occurred in the early period of the ICT revolution, has been followed by the resurgence of some tendencies to new forms of regulation and control. No one knows what will be the last stage of cultural and political development in the information society. (Freeman & Louça 2001, p. 331)

As a result, using the two chosen examples we have attempted to develop an historical description that takes account of features most likely to demonstrate the salient structural economic processes of change. As pointed out by Domingo and Tonella (2000, p. 221) and according to what we have claimed in Part II, it is difficult (though not impossible) to forecast structural change. The historical description and patterns of change here described should help us to recognize the characteristics of the new system structure, however it is only after the change is triggered that the features of the new resultant system will be perceived and understood.

CONCLUSIONI GENERALI E PROSPETTIVE FUTURE PER ULTERIORI RICERCHE

Le precedenti pagine costituiscono un'indagine teorica e fenomenologica sul cambiamento strutturale. A questo proposito ci si avvale della formulazione di uno schema teorico, sia nell'ambito economico che in quello della teoria dei sistemi, oltre ad utilizzare degli esempi concreti riguardanti la dinamica tecnologica nell'ambito sociale e — micro e macro — economico.

Riepilogando, una teoria economica del cambiamento strutturale richiede un'integrazione sinergica di approcci e teorie. Con l'obiettivo di contribuire all'accrescimento di questo assetto teorico — l'economia del cambiamento strutturale — la presente ricerca ha integrato tre argomenti: teoria dei sistemi, teoria economica e cambiamento tecnologico. L'integrazione della teoria dei sistemi e di quella economica rappresenta il punto di partenza per procedere quindi con l'individuazione di uno dei processi che caratterizzano la dinamica economica: il cambiamento tecnologico. In effetti l'identificazione di questi processi è un aspetto cruciale per l'analisi strutturale; essi danno infatti origine a cambiamenti qualitativi nel sistema, quali il cambiamento istituzionale e politico, il cambiamento organizzativo a qualsiasi livello sociale, il cambiamento delle condizioni naturali e demografiche e i cambiamenti tecnologici.

In questo riepilogo è anche opportuno considerare brevemente aspetti relativi alla metodologia della presente ricerca. Solitamente la ricerca economica, essendo basata sulla definizione di un problema e sulla sua validazione, in cui si testano delle ipotesi e prevale il processo di induzione logica, è indirizzata all'analisi di dati e/o alla costruzione di modelli. L'analisi di determinati problemi richiede però un approccio diverso, come ad esempio quello dell'analisi logica deduttiva applicata ai 'casi di studio'. Questa ricerca, invece, non ha usato un metodo di analisi specifico o definito, ma ha adottato invece un approccio interattivo tra il metodo induttivo e quello

deduttivo, focalizzandosi maggiormente sugli aspetti teorici, nella concettualizzazione dei problemi e nella descrizione dei processi attraverso l'uso di esempi.¹ In altre parole, questa ricerca non ha preteso di costruire una teoria sul cambiamento strutturale, bensì ha avuto l'obiettivo di suscitare la discussione teorica sulla dinamica strutturale nel campo della teoria economia e, a questo scopo, ha analizzato e comparato dei concetti generali della dinamica dei sistemi e presentato esempi concreti nell'ambito delle innovazioni tecnologiche che hanno permesso di illustrare il problema. In particolare gli esempi hanno dimostrato la complessità riguardante la dinamica economica e hanno permesso di comprendere alcuni processi enunciati dalla teoria dei sistemi.

Per questi motivi, nella prima e nella terza parte è stato analizzato, sotto ottiche diverse, lo stesso problema: la dinamica economica strutturale e il cambiamento tecnologico. La prima parte analizza questo problema da un punto di vista 'ortodosso' e in particolare attraverso la revisione teorica e metodologica, sia di alcune nozioni sociologiche che di alcuni modelli economici. Nella terza parte, invece, questo problema viene analizzato da un punto di vista 'alternativo', ovvero per mezzo dell'esame teorico e storico-descrittivo di alcuni esempi riguardanti il cambiamento tecnologico dell'ultima rivoluzione 'industriale', quella sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT).

Le precisazioni teoriche presentate nella seconda parte pongono invece le basi terminologiche per comprendere, da un punto di vista sistemico, ciò che nella prima e nella terza si espone. In aggiunta la seconda parte, attraverso concetti quali quelli presentati nel Capitolo 8, serve da guida per identificare i processi di cambiamento strutturale, oltre che per riconoscere, attraverso concetti presentati nei Capitoli 6, 7 e 9, le difficoltà connesse alla realizzazione di modelli che abbiano la capacità interpretativa dei processi di cambiamento strutturale.

I contenuti delle Parti I e II sono di natura teorica, mentre nella Parte III si effettua un cambiamento metodologico dovuto sia alle peculiarità dell'argomento

¹ Nonostante questo lavoro non sia una formulazione di teorie a partire da casi di studio, il lavoro di Eisenhardt (1989) è stato usato come guida metodologica.

affrontato che al suo obiettivo nel contesto generale di questa ricerca. La finalità di questa terza parte è per l'appunto quella di introdurre la discussione sull'approccio storico dell'economia evolutiva e proporre l'analogia della ciclicità per analizzare sistemi di indole complessa. Considerando quindi l'economia evolutiva come procedimento storico descrittivo dell'andamento economico, sono stati analizzati due esempi riguardanti le innovazioni tecnologiche. In questo modo, nel corso del tempo, si è enfatizzato l'emergere di nuove strutture rappresentative del sistema economico usando come *primum movens* il cambiamento tecnologico.

Più precisamente, l'economia del cambiamento strutturale è l'argomento centrale del presente lavoro e ognuna delle parti che lo compongono si concentra sul legame tra questo e un argomento specifico. In particolare, in ognuna delle parti è stato enfatizzato il cambiamento strutturale in relazione con: la teoria economica, la teoria dei sistemi e il cambiamento tecnologico. In riferimento al primo legame argomentale, ovvero teoria economica e cambiamento strutturale, il lavoro ripercorre non solo alcune concezioni sociologiche ed economiche sulla 'struttura', ma anche alcune metodologie di analisi di dinamica impiegate nella teoria economica e quindi, in base a queste teorie, si revisionano alcuni modelli economici, ponendo particolare enfasi su quelli che includono il progresso tecnologico come fattore determinante della produzione, della crescita e dello sviluppo. A queste teorie corrispondono concreti modelli economici, ma che tuttavia non contemplano il cambiamento strutturale. I modelli che, attraverso le diverse scuole di pensiero economico, sono stati realizzati, risultano dinamici rispetto al tempo, strutturalmente statici e molti di questi sono stati concepiti con supposizioni poco realistiche e/o restrittive rispetto alla struttura. Alcuni modelli hanno raggiunto eleganti formalizzazioni matematiche, sacrificando però il realismo economico.² Esistono d'altro canto delle eccezioni, soprattutto, e come visto nel Capitolo 7 e nella Sezione 8.1, se si considerano i modelli realizzati con l'approccio della complessità. In particolare nell'ambito specifico della teoria economica, il modello di Pasinetti (1993) costituisce un'eccezione, poiché rappresenta esplicitamente, attraverso una formalizzazione

² Questo punto è chiaramente esposto da Pasinetti (1993, pp. 21-56) attraverso l'evidenziazione delle carenze della dinamica proporzionale, la quale ha caratterizzato tanti modelli economici, oltre alle formulazioni economiche che abbandonano qualsiasi ipotesi sulle variazioni della struttura.

matematica basata su funzioni esponenziali nel tempo, la dinamica economica strutturale come conseguenza dell'apprendimento umano (progresso tecnico).³ Malgrado il cambiamento strutturale come tale sia stato trascurato nei modelli economici più noti, questi modelli sono comunque la base per lo sviluppo di una teoria economica che illustra come avvengono, rispetto al tempo, i mutamenti nella struttura. I lavori teorici ad esempio di Schumpeter, Kuznets e Pasinetti (pur appartenendo a scuole di pensiero diverse), costituiscono dei contributi essenziali in materie riguardanti il progresso tecnico e la sua ripercussione sul sistema economico e la crescita economica.

L'analisi economica (e delle scienze in generale), impiega inoltre l'esperienza (rappresentata con dati empirici) per trarre conoscenza del sistema in questione.⁴ Kuznets (1930b, 1974) ad esempio segnala non solo che dalla mancanza di dati economici derivano alcune delle limitazioni analitiche, ma anche come l'analisi economica può trarre benefici dalla filosofia. In un altro esempio Kondratieff (1925) e Schumpeter (1935, 1947) fanno una distinzione tra variazioni (crescita e recessione) e cambiamenti permanenti. Nella teoria economica esistono tanti altri esempi simili e, allo stesso modo, questo lavoro anziché usare dati per acquisire conoscenza sul sistema, si avvale della conoscenza per trarre conoscenza.

In aggiunta a quanto detto, questa ricerca rappresenta, e non soltanto nella prima parte, una sorta di breviario poiché menziona alcuni autori e le loro teorie, omettendone però altri/e che possono essere utili in un'analisi sulla dinamica economica e sul cambiamento strutturale. La ragione di questo è che ciò avrebbe significato dedicare un'intera sezione, se non addirittura un'analisi propria, in alcuni casi, per certi autori e/o teorie. In pratica, nel caso di autori come ad esempio Marx o

³ Questo schema supera tanti limiti dell'analisi economica a riguardo della dinamica strutturale, nonostante sia stato inquadrato in uno schema di 'puro lavoro' e consideri la tecnologia in termini inter-industriali (verticalmente integrati).

⁴ Come già accennato in precedenza, in economia la ricerca è stata focalizzata, e si è occupata, delle dimostrazioni. In generale, nelle scienze sociali, in pochi si occupano della teoria, proprio perché le scienze sociali sono state considerate come tali dal momento che hanno adottato il metodo scientifico delle scienze naturali e quindi la teoria è stata considerata quasi come filosofia. Sebbene le scienze sociali non abbiano avuto un proprio metodo d'indagine (applicando quindi il metodo scientifico), nuovi approcci, e una nuova concezione d'analisi, hanno permesso, e stanno consentendo, che le scienze sociali adoperino un metodo più adatto al loro campo di studio (come quelli relativi alla complessità).

Schumpeter, sarebbe stato necessario dedicare un intero lavoro considerando che, oltre al loro ruolo nell'analisi della storia economica, hanno avuto un profondo impatto nella teoria del cambiamento e nell'analisi del ruolo della tecnologia e inoltre le loro teorie hanno costituito le basi di altre e di correnti di pensiero quali quella storica o quella evolutiva. Unica ed esclusivamente come esempio specifico e come esercizio concettuale si potrebbe stimare quante pagine si dovrebbero dedicare ad un'analisi sulla teoria marxista della struttura e il suo cambiamento, partendo semplicemente da due preposizioni usate da Schumpeter (1914, p. 194) per riassumere la concezione sociale marxista:⁵

1) Le forme o condizioni della produzione sono gli elementi fondamentali per la determinazione della struttura sociale, la quale alla sua volta produce atteggiamenti, azioni e civiltà [...] 2) Le forme stesse della produzione hanno di per sé una logica; vale a dire, esse cambiano rispondendo a necessità loro intrinseche, così da generare i loro successori semplicemente con il proprio funzionamento. (Schumpeter 1956, p. 194)

Dalle preposizioni di questo esempio si può affermare che i cambiamenti della struttura sociale e economica sorgono dall'interno del sistema e sono indotti dal cambiamento tecnologico che, nello stesso tempo, è un'esigenza sociale e una conseguenza dell'evoluzione naturale del sistema. In tal modo usare lo schema marxista⁶ per fare un'interpretazione storica dell'economia, implicherebbe ammettere sia che i cambiamenti sono di carattere endogeno e anche che, in una certa misura, esistono delle relazioni reciproche tra la sfera della produzione (economica) e le altre sfere della vita sociale (religione, metafisica, tendenze artistiche, idee etiche, evoluzione politica, ecc.). Tutto questo richiederebbe quindi di dedicare parecchie pagine per formulare le caratteristiche delle teorie economiche (quella marxista nel summenzionato esempio) e ancora molte altre per analizzare la dinamica economica tramite l'approccio o teoria considerata. Per tale motivo, in questo lavoro, in particolar modo nella prima parte, è stato soltanto possibile considerare alcuni di questi autori e

⁵ "Il Marx ricorre, per illustrare ciò che ha in mente, alla famosa affermazione che il mulino a mano crea la società feudale, e il mulino a vapore quella capitalistica. Così si conferisce all'elemento tecnico una importanza pericolosa, tuttavia, si può accettare quell'affermazione, quando si ammetta che la tecnologia non è tutto [...] Possiamo illustrare ciò con un esempio del Marx; il sistema caratterizzato dal mulino a mano crea una situazione economica e sociale tale che l'adozione di un metodo meccanico di macinazione diviene una necessità pratica, che gli individui o i gruppi non hanno il potere di alterare. Il sorgere e il funzionare del mulino a vapore crea dal canto suo nuove funzioni e situazioni sociali, nuovi gruppi e nuove opinioni, che si sviluppano così da traboccare fuori dal proprio quadro." (Schumpeter 1956, p. 194)

⁶ Evidentemente, trascurando in tutto questo la teoria marxista delle classi sociali.

teorie e, come accennato prima, dare un carattere generico ad ognuno degli altri due blocchi tematici costitutivi di questo lavoro.

Il cambiamento strutturale è un problema ‘sistemico’⁷ e perciò la sua discussione richiede ineluttabilmente la revisione dei concetti riguardanti i sistemi, come è stato fatto nella seconda parte di questa ricerca. Sintetizzare quindi la seconda parte e il suo legame con il cambiamento strutturale, richiede di sottolineare nuovamente la ricorsività concettuale che esiste nel sistema-modello-struttura. La comprensione dell’appena citato concetto trinitario (sistema-modello-struttura) ha permesso la comprensione di altri principi che richiedono altresì delle analisi di concetti ricorrenti. Nelle nozioni di sistema-ambiente, *assembling/disassembling* e *top-down/bottom-up*, si è potuto evidenziare questa nozione di dualità e ricorrenza.

Si può dunque affermare che l’idea di cambiamento strutturale implica l’associazione fenomenica, organizzazionale e analitica dei menzionati tre concetti (sistema-modello-struttura), in cui quello di ‘modello’ concede la reciprocità fra tutti i tre termini. Questa sintesi richiede perciò di evidenziare anche la differenza tra il sistema reale e la sua rappresentazione (modello) e che la validità del modello si riferisce a quanto simili sono i dati ottenuti dal sistema e quelli generati dalla sua rappresentazione; ciò implica dunque che la validità del modello si fonda su criteri puramente quantitativi. In questo modo la discussione sul processo di modellistica contenuta nella Parte II potrebbe suscitare un’analisi dei fondamenti generali della conoscenza sui sistemi, dei limiti e quindi della validità della teoria dei sistemi. Questo permetterebbe inoltre di individuare i limiti della teoria economica basata sui modelli.

Il terzo legame argomentale, infine, si evidenzia chiaramente se si contemplano le cause (o le loro combinazioni) che danno luogo al cambiamento strutturale e se si considera che una di queste è il cambiamento tecnologico. L’impatto di quest’ultimo nella dinamica economica è stato discusso già dalle prime teorie economiche (quali quelle presentate nella Parte I). Nella terza parte, con un approccio maggiormente

⁷ ‘Sistemico’ che implica inoltre di interesse interdisciplinare.

storico e per mezzo di due esempi, computer e Internet, sono stati esaminati aspetti di diversa natura che hanno permesso di mostrare la complessità e alcune delle distinte sfumature proprie del cambiamento tecnologico.

Nella Parte III sono stati inoltre presentati due approcci complementari per lo studio dell'economia dinamica, quello evolutivo e quello dei cicli. In particolare il carattere evolutivo, ovvero storico, dell'economia risulta evidente e gli esempi presentati costituiscono soltanto piccole dimostrazioni di questa evidenza. I cicli sono invece immagini illustrative della correlazione esistente tra dinamica, fluttuazioni e cambiamento strutturale. Questi ultimi tre argomenti, e in particolare i primi due, sono stati estesamente esaminati nella letteratura economica e quindi questo lavoro si è limitato ad utilizzarli in modo quasi metaforico. La letteratura di diverse aree della conoscenza, in particolare quella della teoria di sistemi, ha dedicato numerose pagine allo studio dei modelli dinamici e alcune delle opere più importanti dell'economia si sono dedicate all'analisi dei cicli economici, mentre il cambiamento strutturale è stato studiato in misura minore. L'andamento fluttuante dell'economia, e gli studi realizzati sulla dinamica e sui cicli economici, sono utili per comprendere il cambiamento strutturale. Da un lato l'economia evolutiva concede all'analisi del cambiamento strutturale il concetto di dinamismo storico e in continua (auto) organizzazione (*self-organizing*). D'altra parte i cicli permettono di comprendere la natura mutevole dell'economia e soprattutto il modo in cui essa reagisce di fronte a cambiamenti endogeni o esogeni, permettendo altresì di individuare il momento in cui avvengono le trasformazioni (contrazione, crescita, punti di massimo e minimo, punti di flesso).

Attraverso la storia si è evidenziato che nuove tecnologie hanno dato luogo a nuovi paradigmi sociali ed economici. Tuttavia il paradigma della fine del 1700, la rivoluzione industriale e il capitalismo in voga, sembra che sia perdurato fino ad oggi, malgrado i tanto discussi sintomi del crollo del capitalismo come sistema. All'interno di questo paradigma, nonostante le sue diverse fasi, l'economia di mercato e l'aumento della produttività sono stati sostenuti dal cambiamento tecnologico, come appare particolarmente evidente negli ultimi decenni. La contemporaneità mostra innumerevoli esempi del ruolo della tecnologia. Ogni giorno, infatti, annunci e articoli

evidenziano aspetti relativi a nuove tecnologie e il loro impatto sulla vita sociale ed economica, riempiendo le pagine di giornali, riviste, ecc. Ogni ‘rivoluzione’ tecnologica è stata accompagnata da innumerevoli libri, studi e analisi a riguardo, ciò che si evidenzia pure nell’attuale incremento delle pubblicazioni concernenti la rivoluzione ICT, sia da un punto di vista puramente tecnico che socio-economico.

In questo modo, il fenomeno del progresso tecnologico, nonostante sia stato accettato come aspetto chiave per l’economia, non è ancora stato del tutto stimato e inteso nell’analisi e nella teorizzazione economica e sociale. Le innovazioni hanno proprio la caratteristica di essere una novità, pertanto sono difficilmente prevedibili e quindi gli effetti del cambiamento tecnologico potranno eventualmente essere valutati *a posteriori*. Perciò, mentre la scienza e la ricerca procedono nel loro corso, l’economia cerca di stimare le conseguenze delle tecnologie precedentemente sviluppate nella dinamica dei sistemi socio-economici. Le numerose indagini empiriche svolte a riguardo sono state interamente parziali e hanno constatato singole realtà. La mancata uniformità emersa dall’indagine empirica, e l’insufficiente teorizzazione economica, tante volte non è il risultato di trascuratezza analitica, ma piuttosto della complessità implicita nella dinamica dei sistemi sociali e in particolare nell’imprevedibilità delle proprietà emergenti che si rivelano nella sfera del cambiamento tecnologico.⁸

Tornando alla considerazione complessiva dei tre argomenti (teoria dei sistemi, teoria economica e cambiamento tecnologico) che ogni parte contempla, sorge spontaneamente la seguente presunzione: se il progresso tecnico genera cambiamenti strutturali e si traduce in crescita economica, allora il cambiamento strutturale risulta una condizione necessaria per la sopravvivenza del sistema economico. Un’affermazione del genere permette inoltre di verificare immediatamente l’importanza della dinamica economica strutturale come oggetto e soggetto di studio. A tal proposito la presente ricerca non si è occupata della dimostrazione di ipotesi attraverso l’analisi di dati, ma si è piuttosto occupata della presentazione degli

⁸ Tutto ciò ha delle evidenti e importanti implicazioni per la politica economica. Infatti, il premio nobel Phelps (2005) segnala il rischio dell’inflessibilità, considerando la condizione economica di conoscenza imperfetta, suggerendo dunque che il cambiamento globale richiede flessibilità e non regole fisse.

argomenti precedentemente riepilogati — teoria economica, teoria dei sistemi e cambiamento tecnologico — i quali sono di importanza fondamentale per lo studio di qualunque tipo di sistema economico. Questi argomenti, magari astratti e a prima vista scollegati tra loro, costituiscono la base per lo studio del cambiamento strutturale, il quale costituisce il punto di origine di qualunque sistema. La trasformazione delle parti e la formazione del tutto è l'idea principale della 'morfogenesi sistemica' e quindi del cambiamento strutturale.

Gli argomenti che dall'analisi della dinamica economica strutturale possono derivare sono molteplici. Considerando unicamente quelli che in questa ricerca sono stati esaminati direttamente o indirettamente, vengono di seguito elencate alcune prospettive per ulteriori ricerche riguardanti il cambiamento strutturale. Una prima prospettiva è quella che deriva sia dall'utilizzo della semantica di altre teorie, per interpretare e descrivere processi di dinamica strutturale, che dalla reinterpretazione di alcuni lavori fondamentali per la teoria economica, in modo tale che contemplino la dinamica strutturale. Esempi di questa prima prospettiva sono:

- l'applicazione della semantica autopoietica nella descrizione del cambiamento strutturale;
- l'utilizzo delle teorie di *adaptive cycles* e *panarchy* come strumenti d'analisi della dinamica strutturale implicita nel progresso tecnologico;
- l'utilizzo della teoria del caos come approccio per spiegare alcuni processi di cambiamento strutturale;
- l'interpretazione del processo di cambiamento tecnologico (e le successive conseguenze nella struttura economica) da un punto di vista della domanda e dell'offerta (*pull vs. push*) attraverso l'analisi dell'allocazione delle risorse indirizzate alle invenzioni;
- l'illustrazione del cambiamento strutturale a partire dalla terminologia e dalle definizioni del lavoro di Kondratieff (1925) sulla visione dinamica e la statica dell'economia;
- l'interpretazione della 'curva di Kuznets' considerando le 'transizioni' come cambiamenti strutturali e/o progresso tecnico.

Un altro argomento da approfondire, che rappresenta però soltanto un piccolo sottoinsieme dell'argomento generale, è quello di distinguere tra i cicli nella teoria dei sistemi, ovvero quelli rappresentativi del comportamento di alcuni sistemi (come i circuiti di secondo ordine di retroazione negativa) e i cicli generati da funzioni specifiche, ovvero quelli usati per l'analisi dei cicli economici (*business cycle* e *long-waves*).

Un'ulteriore prospettiva o argomento da approfondire sarebbe quello di esaminare le conseguenze economiche, dal punto di vista del cambiamento strutturale, come conseguenza della lotta politica e ideologica. Alcuni esempi possono essere identificati nel rapporto e nelle possibilità di implementazione tra la politica 'democrazia vs. dittatura' e l'ideologia 'destra vs. sinistra', nella guerra come mezzo di rivoluzione secondo l'approccio marxista, nelle implicazioni di fenomeni definiti con espressioni quali 'la sconfitta del popolo, ma la vincita ideologica', ecc. Inoltre, nel corso della storia, si possono identificare innumerevoli esempi, ma in particolare un periodo da esaminare, data la quantità di esempi che si potrebbero riconoscere, sarebbe quello *pre* e *post* Seconda Guerra mondiale. Infatti in tale periodo, nel contesto europeo, si potrebbero analizzare le conseguenze economico-strutturali della Germania e la nascita del partito nazista, la guerra civile spagnola, il movimento popolare europeo in sostegno della Repubblica spagnola, la violazione dell'accordo non interventista da parte dell'Italia e della Germania, le sfumature della 'sinistra' sovietica, il ruolo degli 'intellettuali' europei prima, durante e dopo la Seconda Guerra mondiale, ecc.

Altre prospettive relative alla teoria dei sistemi, e in particolare a quella economica, sarebbero legate all'analisi filosofica riguardante il cambiamento strutturale. Infatti, senza mettere in discussione l'origine filosofica del problema, se ne potrebbero utilizzare i metodi di indagine. Le nozioni filosofiche permettono infatti alla scienza di formulare teorie, poiché queste consentono una conoscenza approfondita del soggetto e dell'oggetto in esame. In particolare la corrente dell'idealismo tedesco di stampo hegeliano può offrire un metodo di ragionamento

utile per la teorizzazione e dunque per l'indagine del cambiamento strutturale.⁹ Un ragionamento del genere ammette la dualità dell'essere e il suo procedere attraverso il 'divenire' e perciò può costituire un punto di partenza per intendere e analizzare la dinamica strutturale. In altre parole, la dialettica come logica interpretativa della realtà, potrebbe offrire una vera comprensione problema, poiché accetta la contrapposizione di idee come parte dell'unità (e dell'esistenza) ed è appunto questa contrapposizione dialettica ciò che ammette il cambiamento intrinseco all'esistenza. Di conseguenza la comprensione generale del cambiamento strutturale richiederebbe, oltre ad uno studio ontologico del fenomeno, anche un'analisi gnoseologica della teoria dei sistemi a proposito del cambiamento strutturale. In tutto ciò la filosofia hegeliana potrebbe risultare di grande aiuto e permetterebbe inoltre la delucidazione e la distinzione tra quantità e qualità (concetti fondamentali per la teoria del cambiamento strutturale).

Visto che la scienza solitamente ricava la conoscenza dall'esperienza (dalla sperimentazione), è importante evidenziare che la presente ricerca ricava la conoscenza dalla conoscenza stessa. Questa affermazione consente di prendere atto della massima hegeliana 'per conoscere bisogna prima conoscere la conoscenza'. Si può dunque affermare che una teoria del cambiamento strutturale richiederà un'analisi approfondita dei sistemi, specialmente da un punto di vista astratto e teorico. Un'analisi teorica è però senza dubbio, per una tesi di dottorato, un'impresa di difficile gestione, pertanto quanto presentato in questo lavoro è solo un piccolo contributo nella direzione indicata. Di conseguenza, sebbene la complessità dell'argomento affrontato in questo lavoro abbia richiesto un'analisi teorico-epistemologica, la teorizzazione del cambiamento strutturale richiederà in aggiunta un'analisi ontologica e gnoseologica, in modo tale che sia possibile riconoscere nel problema del cambiamento sia il cosa (*what*) — riconoscere il problema — che il come (*how*) — conoscenza operativa o procedurale —, entrambi indispensabili per l'analisi.

⁹ L'abbandono della logica formale segnato dall'idealismo hegeliano permette l'ammissione di una nuova logica, dinamica e opposta alla logica dell'identità o di non-contraddizione.

Riferimenti bibliografici ed elettronici

Ackoff, R. 1973, Science in the systems age: Beyond IE, OR, and MS, *Operations Research*, Vol. 21, No. 3, pp. 661-671.

Ackoff, R. 1971, Towards a system of systems concepts, *Management Sciences*, Vol. 17, No. 11, pp. 661-671.

Adelman, I. 1961, *Theories of economic growth and development*, Stanford University Press, Stanford.

Adner, R. & Rangan, S. 2001, *Profitable Growth in Internet-related business: strategy tales and truths*, Working Paper 2001/11/SM, INSEAD, Fountainebleau.

Aghion, P., Frydman, R., Stiglitz, J. & Woodford, M. 2003, *Knowledge, information and expectations in modern macroeconomics*, Princeton University press. New Jersey.

Ahorony, A. & Stauffer, D. 1994, *Introduction to percolation theory*, 2dn Edn, Routledge, Londra.

Albin, P. 1998, *Barriers and bounds to rationality: essay on economic complexity and dynamics in interactive systems*, Princeton University Press, New Jersey.

Allen, P. 1994, Coherence, chaos and evolution in the social context, *Futures*, No. 26, pp. 583-597.

Allen, P. 1994, Evolutionary complex systems: models of technology change, in Leydesdorff, L., van den Besselaar, P. & Allen, P. (eds.) *Evolutionary economics and chaos theory: new directions in technology studies*, Pinter, London, pp. 125-136.

Allen, P. 1992, Modelling evolutionary and complex systems, *World Futures*, No. 34, pp. 105-123.

Allen, P. 1989, Towards a new science of human systems, *International Social Science Journal*, No. 41, pp. 81-91.

Altman, E., Boulogne, T., El-Axouzi, R. & Jimenez, T. (2000), *A survey on networking games in telecommunication*, INRIA Research Report, Sophia Antipolis Cedex.

Anderson, P., Arrow, K. & Pines, D. (eds.) 1988, *The economy as an evolving complex system*, Addison-Wesley, New York.

Anonymous 1995, A network becomes more valuable as it reach, *InfoWorld*, Vol.17, p. 53.

Antonelli, P. & Patrucco, C. 2004, *Il sentiero dell'innovazione: letture di un concetto economico controverso*, Fondazione Giovanni Agnelli, Torino.

Apple 2005, *Apple to Use Intel Microprocessors Beginning in 2006*, <<http://www.apple.com/pr/library/2005/jun/06intel.html>>

Archiburgi, D. & Bengt-Åke L. (eds.) 2001, *The globalizing learning economy*, Oxford University Press, Oxford.

Arena, R. & Dangel, C. 2002, *The contribution of Joseph A. Schumpeter to economics: economic development and institutional change*, Routledge, Londra.

Aron, R. 1989, *Le tappe del pensiero sociologico: Montesquieu, Comte, Marx, Tocqueville, Durkheim, Pareto, Weber*, Mondadori, Milano.

Arthur, W., Durlauf, S. & Lane, D. (eds.) 1997, *The economy as an evolving complex system II*, Addison-Wesley, New York.

Arthur, W. 1994, *Increasing returns and path dependence in the economy*, University of Michigan Press, Ann Arbor.

Arthur, W. 1994, On the evolution of complexity, in Cowan, G., Pines, D. and Meltzer, D. (Eds.) *Complexity: Metaphors, models and reality*, Addison-Wesley, Boston, pp. 65-78.

Arthur, W. 1990, Positive feedbacks in the economy, *Scientific American*, 262, pp. 92-99.

Ashby, R. 1956, *An introduction to cybernetics*, Chapman & Hall, Londra.

Axelrod, R. 1997, *The complexity of cooperation: agent-based models of competition and collaboration*, Princeton Univ. Press, Princeton N.J.

Baranzini, M., Marangoni, G. & Rossi, S. 2001, *Macro e microeconomia*, Cedam, Padova.

Baranzini, M. & Scazzieri, R. (eds.) 1990, *The economic theory of structure and change*, Cambridge University Press, Cambridge.

Bass, M. & Christensen, C. 2002, The future of the microprocessor business, *Spectrum IEEE*, Vol. 39, No. 4, pp. 34-39.

Baum, J. & McKelvey, B. (eds.) 1999, *Variations in organization science*, Sage Publications Inc., California.

Baumgartner, T., Burns, T. & Deville P. 1986, *The shaping of socio-economic systems: the application of the theory of actor-system dynamics to conflict, social*

power, and institutional innovation in economic life, Gordon and Breach Science Publishers, New York.

Baumgartner, T., Burns, T. & Deville P. 1985, *Man, decisions, society: the theory of actor-system dynamics for social scientists*, Gordon and Breach Science Publishers, New York.

Baumol, W. 1959, *Economic dynamics: an introduction*, The Macmillan Company, New York.

Beck, J. & Lynch, P. 2001, Profiles of Internet buyers in 20 countries: evidence for region-specific strategies, *Journal of International Business Studies*, Vol. 32, No. 4, pp. 725-748.

Beer, S. 1959, What has cybernetics to do with operational research?, *Operational Research Quarterly*, Vol. 10, No. 1, pp. 1-21.

Bertalanffy, L. 1968, *General system theory: foundations, development, applications*, George Braziller, New York.

Bertalanffy, L. 1962, General systems theory: a critical view, *General Systems*, No. 8, pp. 1-20.

Bertalanffy, L. 1950, An outline of general system theory, *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 1, No. 2, pp. 134-165.

Bloomfield, P. 2000, *Fourier analysis of time series*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Bolter, J. & Grusin, R. 2003, *Remediation*, Guerini e Associati, Milano.

Bortis, H. 2000, Some considerations on structure and change, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 11, pp. 185-195.

Bortis, H. 1996, Structural economic dynamics and technical progress in a pure labour economy, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 7, pp. 135-146.

Bresnahan, T. & Greenstein, S. 1999. Technological Competition and the Structure of the Computer Industry, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 47, No. 1, pp. 1-40.

Burmeister, E. 1974, Syntesizing the neo-Austrian and alternative approaches to capital theory: a survey, *Journal of Economic Literature*, Vol. 12, No. 2, pp. 413-456.

Calhoun, C. 2002, *Dictionary of the social sciences*, Oxford University Press, New York.

Calvez, J. 1978, *Il pensiero di Karl Marx*, Città Nuova, Roma.

Castells, M. 2001, *The Internet galaxy: reflections on the Internet, business, and society*, Oxford University Press, Oxford.

Castells, M. 2000, Toward a sociology of the Network Society, *Contemporary Sociology*, Vol. 29, No. 5. Pp. 693-699.

Casti, J. 1994, *Simple and complex models in science*, Working Paper 94-06-034, Santa Fe Institute, New Mexico.

Casti, J. 1979, *Connectivity, complexity, and catastrophe in large-scale systems*, John Wiley & Sons, New York.

Ceruzzi, P. 2003, *History of modern computing*, 2nd Edn, MIT Press, Massachusetts.

Checkland, P. 1985, Achieving 'desirable and feasible' change: an application of Soft System Methodology, in Systems Thinking in Action Conference at Henly, *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 36, No. 9, pp. 821-831.

Chen, G. & Durfee, T. 2002, Should we e-?, *The Journal of Business Strategy*, Vol. 23, pp. 14-17.

Cherry, S. 2005, Terror goes online, *Spectrum IEEE*, Vol. 42, No. 1, pp. 72 – 73.

Chevallier, J.J. 1969, *Le grandi opere del pensiero politico*, Il Mulino. Bologna.

Clark, J. B. 1898, The future of economic theory, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-14.

Clark, J. B. 1892, Pattern's dynamic economics, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 3, pp. 30-44.

CNN Money.com 2006, *America's Most Admired Companies* <<http://money.cnn.com/magazines/fortune/mostadmired/>>

Coleman, H. 1999, What enables self-organization behavior in business, *Emergence*, No. 1, pp. 33-48.

Computer History Museum 2006, *Company*, <<http://www.computerhistory.org>>

Constable, G. & Somerville, B. 2003, *A century of innovations. Twenty engineering achievements that transformed our lives*, Joseph Henry Press, Washington D.C.

Coricelli, F. & Dosi, G. 1988, Coordination and order in economic change and the interpretive power of economic theory, in Dosi et al. (eds.) *Technical change and economic theory*, Pinter, London, pp. 124-47.

Cortelazzo, M. e Zolli, P. 1991, *Dizionario etimologico della lingua italiana*, Zanichelli, Bologna.

Costa, P. & Marangoni, G. 1995, *Economia delle interdipendenze produttive: una introduzione all'analisi input-output*, Cedam, Verona.

Crosby, R. 1987, Towards a classification of complex systems, *European Journal of Operational Research*, No. 30, 291-293.

Crozier, M. & Friedberg, E. 1980, *Actors and systems*, The University of Chicago Press, Chicago.

Cyber Geography Research 2004, *Historical maps of computer networks*, <<http://www.cybergeography.org/>>

Daellenbach, H. 2003, *Systems thinking and management science*, REA Publications, Christchurch.

Day, R. 1994, *Complex economic dynamics: an introduction to dynamical systems and market mechanisms*, Vol. 1, MIT Press, Cambridge.

Day, R. & Chen, P. (eds.) 1993, *Nonlinear dynamics and evolutionary economics*, Oxford University Press, Oxford.

De Giorgi, R. e Luhmann, N. 1996, *Teoria della società*, 8a edn., F. Angeli, Milano.

Despres, E., et al. 1950, The problem of economic instability, *The American Economic Review*, Vol. 40, No. 4, pp. 501-503 + 505-538.

Devaney, R. 1989, *Chaotic dynamical systems: an introduction*, Addison-Wesley, Redwood City.

DiMaggio, P., Hargittai, E., Neuman, R. & Robinson, J. 2001, Social implications of the Internet, *Annual Review of Sociology*, Vol. 27, pp. 307-336.

Domingo, C. & Tonella, G. 2000, Towards a theory of structural change, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 11, pp. 209-225.

Domingo, C. 1998, El cambio estructural, *Revista BCV (Banco Central de Venezuela)*, Vol. XII, No. 2, pp. 43-85.

Domingo, C. 1977, Modelos matemáticos de simulación, IEAC, ULA, Mérida.

Domingo, C. n.d, *La sociedad flexible*, < <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/carlosd/PortadaSF.html>>

Dosi, G. 2003, L'economia come scienza sociale empiricamente fondata, *Sistemi Intelligenti: Il Mulino*, aprile 2003, pp. 53-66.

Dosi, G. 2000, *Innovation, organization and economic dynamics*, Edward Elgar, Cheltenham.

Dosi, G., Kaniovski, Y. & Winter, S. 2000, Modeling industrial dynamics with innovative entrants, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 11, No. 3, pp. 255-293.

Dosi, G. 1997, Opportunities, incentives and the collective patterns of technological change, *The Economic Journal*, Vol. 107, No. 444, pp. 1530-1547.

Dosi, G. & Nelson, R. 1994, An introduction to evolutionary theories in economics, *Journal of Evolutionary Economics*, No. 4, pp. 153-72.

Dosi, G. & Metcalfe, J. 1991, On some notions of irreversibility in economics, in Metcalfe J. S. & Saviotti P. (eds.) *Evolutionary theories of economics and technological change*, Harwood Academic Press, Chur, pp. 132-159.

Dosi G., Freeman C. Nelson R., Silverberg G. & Soete L. (eds.) 1988, *Technical change and economic theory*, Pinter, London.

Dosi, G. 1988, Sources, procedures and microeconomic effects of innovation, *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, No 3, pp. 1120-1171.

Dourish, P. 2001, *Where the action is: the foundations of embodied interaction*, MIT Press, Cambridge.

Duek, A. (2002), *Un modelo de mercado para los proveedores de servicio de Internet en el enrutamiento*, M.Sc. Thesis, ULA, Mérida & INRIA, Sophia Antipolis.

Durlauf, S. & Young, P. 2001, *Social dynamics*, Brookings Institution Press, Washington.

Economics and Statistics Administration 2003, *Digital Economy 2003*, <<https://www.esa.doc.gov/2003.cfm>>

Edmonds, B. 1996, The role of expressiveness in modelling structural change, *Workshop on Modelling Structural Change*, Manchester Metropolitan University.

Ehrnberg, E. 1996, *Technological discontinuities and industrial dynamics*, PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg.

Eisenhardt, K. 1989, Building theories from case study research, *The Academic of Management Review*, Vol. 14, No. 4, pp. 532 – 550.

Ekelund, R. & Hébert, R. 1992, *Historia de la teoría económica y de su método*, 3a Edn, McGraw-Hill, Madrid.

European Commission 2003, *Third European report on sciences & technology indicators 2003*, Community Research, Brussels.

European Organization for Nuclear Research 2006, *NeXT computers*, <URL: <http://info.cern.ch>>

European Organization for Nuclear Research 1992, *World Wide Web*, <<http://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html>>

Farrell, J., Shapiro, C. e Varian, H. 2001, *Economics of information technology: an introduction*, Cambridge University Press, Cambridge.

Ferrater, J. 1990, *Diccionario de filosofía*, 4 Vol., Alianza, Madrid.

Fisher, I. 1925, Our unstable dollar and the so-called business cycle, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 20, No. 150, pp. 179-202.

Fisher, I. & Walras, L. 1892, Geometrical theory of the determination of prices, *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, Vol. 3, pp. 45-64.

Fogg, B.J 2003, Motivating, influencing, and persuading users, in Jacko, J. and Sears, A. (eds.), *The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies and emerging applications*, pp. 358-370.

Forrester, J. 1961, *Industrial dynamics*, MIT Press, Cambridge, U.S.A.

Freeman, C. & Louça, F. 2002, *As time goes by*, Oxford University Press, Oxford.

Freeman, C. & Soete, L. 1997, *The economics of industrial innovations*, 3a Edn, Pinter, Londra.

Fuchs, I. 2001, Prospects and possibilities of the digital age, *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 145, No. 1, pp. 45-53.

Gallino, L. 1997, *Manuale di sociologia*, UTET Libreria, Torino.

Gaylard, H. (1996), A cognitive approach to modelling structural change, *Workshop on Modelling Structural Change*, Manchester Metropolitan University.

Geyer, F. e van der Zouwen, J. (eds.) 2001, *Sociocybernetics: complexity, autopoiesis, and observations of social systems*, Greenwood Press, Westport.

Giddens, A. 1999, *The Constitution of Society: outline of the Theory of Structuration*, Polity Press, Cambridge.

Godelier, M. 1967, *Racionalidad e irracionalidad en economía*, Siglo veintiuno editores sa, Messico.

Goffe, W. 1994, Computer networks for economists, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 3, pp. 97-119.

Goldmish, J. & Wu, T. 2006, *Who controls the Internet? Illusions of a borderless world*, Oxford University Press, New York.

Goodwin, R. 1949, The multiplier as matrix, *The Economic Journal*, Vol.59, No.236, 537-555.

Goolsbee, A. 2000, In a world without borders: the impact of taxes on Internet commerce, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 115, No. 2, pp. 561-576.

Gruppi, L. 1969, *Opere scelte, Marx ed Engels*, Editori Riuniti, Roma.

Gualerzi, D. 2001, *Consumption and growth recovery and structural change in the US economy*, Edward Elgar, Cheltenham.

Gunderson, L., Holling, C. & Ludwig, D. 2002, *In quest of a theory of adaptive change*, <<http://www.resalliance.org/605.php>>

Gurvitch, G. 1970, *Tres capítulos de historia de la sociología: Comte, Marx y Spencer*, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires.

Haddad, C., Karlin, J. & Liker, J. 1999, Perspectives on technology and work organization, *Annual Review of Sociology*, Vol. 25, pp. 575-596.

Hagemann, H., Landesmann, M. & Scazzieri, R. 2003, *The economics of structural change: economic structure and change concepts and theories*, Vol. I, The international library of critical writings in economics, Edward Elgar, Cheltenham.

Hannon, B. & Ruth, M. 1997, *Modeling dynamic economic systems*, Springer, New York.

Harrod, R.F. 1963, *Towards a dynamic economics*, Macmillan, New York.

Hayek, F. Von 1937, Economics and knowledge, *Economica*, No. 4, pp. 33-54.

Hegel, G.W.F. 1995 (1a Edn. 1807), *Fenomenologia dello spirito*, trad. Vincenzo Cicero, Rusconi Libri, Milano.

Hegel, G.W.F. 1973 (1a Edn. 1812), *La ciencia de la lógica*, trad. Rodolfo Mondolfo, Vols. I, II e III, Editorial Hanchette, Buenos Aires.

Hegel, G.W.F. 1924 (1a Edn. 1812), *La scienza della logica*, trad. Arturo Moni, Vols. I, II e III, Gius. Laterza & Figli. Bari.

Held, D., Goldblatt, D., McGrew A. & Perraton, J. 1999, *Global transformations: politics, economics and culture*, Stanford University Press, Stanford.

Hicks, J. 1973, *Capital and time: a neo-Austrian theory*, Clarendon Press, Oxford.

Hicks, J. & Hart, A.G. 1955, *Estructura de la economía: introducción al estudio del ingreso nacional*, 3° ed., Fondo de cultura económica, México.

Hishiyama, I. 1996, Appraising Pasinetti's structural dynamics, *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol.7, Issue 2, pp.127-134.

Hodgson, G. 1996, *Economics and evolution: bringing the life back into economics*, The University of Michigan Press, Michigan.

Holland, J. 1992, Genetic Algorithms, *Scientific American*, Vol. 267, pp. 66-72.

IEEE Xplore 2007, *Digital library*, <<http://ieeexplore.ieee.org>>

IBM 2006, *IBM Archives Valuable resources on IBM's history*, <<http://www-03.ibm.com/ibm/history/>>

IBM 2006, *Awards & Achievements*, <<http://www.research.ibm.com/about/awards.shtml>>

Internet Corporation for Assigned Names and Numbers 2006, *License agreement concerning InterNIC*, <<http://www.icann.org>>

Internet Society 2006, *Histories of the Internet*, <<http://www.isoc.org/internet/history>>

Internet Traffic Report 2006, *Internet flow of data around the world*, <URL: <http://www.internettrafficreport.com>>

Internet World Stats 2006, *Population statistics and market research data*, <URL: <http://www.internetworldstats.com/>>

Jacko, J. and Sears, A. (eds.) 2003, *The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies and emerging applications*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., New Jersey.

Jackson, J. 2005, The interplanetary Internet, *Spectrum IEEE*, Vol. 42, No. 8, pp. 30 – 35.

Kalathil, S. 2003. Dot.Com for dictators, *Foreign Policy*, No. 135, pp. 42-49.

Kauffman, S. 1993, *The origins of order: self-organization and selection in evolution*, Oxford University Press, New York.

Kauffman, S. 1991, Antichaos and adaptation, *Scientific American*, No. 265, pp. 78-84.

Kauffman, S. 1988, The evolution of economic webs, In Anderson et al. (eds.), *The economy as an evolving complex system*, pp. 117-46.

Kelly, K. 1998, *New rules for the new economy: 10 radical strategies for connecting world*, Viking, New York.

Kleinknecht, A. 1987, *Innovation patterns in crisis and prosperity: Schumpeter's long cycles reconsidered*, Macmillan, Hong Kong.

Kondratieff, N.D. 1935, The long waves in economic life, *The Review of Economic Statistics*, Vol. 17, No. 6, pp. 105-115.

Kondratieff, N.D. 1925, The static and the dynamic view of economics, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 39, No. 4, pp. 575-583.

Kuhn, T. 1995 (1a Edn. 1962), *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino.

Kurz, H. e Salvadori, N. 1993, Von Neumann's growth model and the "classical" tradition, *European Journal of the History of Economic Thought*, No. 1, pp. 129-60.

Kuznets, S. 1973, Modern economic growth: findings and reflections, *The American Economic Review*, Vol. 63, No. 3, pp. 247-258.

Kuznets, S. 1972, Innovations and adjustments in economic growth, *The Swedish Journal of Economics*, Vol. 74, No. 4, pp. 431-451.

Kuznets, S. 1970, *Crecimiento económico y estructura económica*, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona.

Kuznets, S. 1930a, Equilibrium economics and business-cycle theory, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 44, No. 3, pp. 381-415.

Kuznets, S. 1930b, Static and dynamic economics, *The American Economic Review*, Vol. 20, No. 3, pp. 426-441.

Lane, D. 1993a, Artificial worlds and economics, Parte I e II, *Journal of Evolutionary Economics*, No. 3, pp. 89-107.

Larsen, E. & Lomi, A. 1999, Evolutionary models of local interaction: a computational perspective, in Baum, J. & McKelvey, B. (eds.) *Variations in organization science*, pp. 255-278.

Leamer, E. & Storper, M. 2001, The economic geography of the Internet Age, *Journal of International Business Studies*, Vol. 32, No. 4, pp. 641-665.

Leijonhufvud, A. 1997, Macroeconomics and complexity: inflation theory, in Arthur et al. (eds.) *The economy as an evolving complex system II*, Addison-Wesley, New York, pp. 321-36.

Lemley, M. 2003, Place and cyberspace, *California Law Review*, Vol. 91, No. 2, pp. 521-542.

Lenneberg, E. e Miller, G. 1978, *Psychology and biology of language and thought: Essays in honor of Eric Lenneberg*, Academic Press, New York.

Leontief, W. 1949a, Recent developments in the study of interindustrial relationships, *The American Economic Review* Vol. 9, No. 3, Papers and proceedings of the sixty-fifth annual meeting of the American economic association, pp. 211-225.

Leontief, W. 1949b, Structural matrices of national economies, *Econometrica*, Vol. 7, Supplement: report of the Washington meeting, pp. 273-282.

Lévi-Strauss, C. 1966, *Antropologia strutturale*, Il Saggiatore, Milano.

Link, A. & Siegel, D. 2003, *Technological change and economic performance*, Routledge, Londra.

Litan, R. 2001a, The Internet economy, *Foreign Policy*, No. 123, pp. 16-24.

Litan, R. 2001b, Law and Policy in the age of the Internet, *Duke Law Journal*, Vol. 50, No. 4, pp. 1045-1085.

Litan, R. & Rivlin A. (eds.) 2001, *The economic payoff from the Internet revolution*, Brookings Institution Press, Washington.

Loos, I. 1918, Historical approach to economics, *The American Economic Review*, Vol. 8, No. 3, pp. 549 - 563.

Luhmann, N. 1990, *Sistemi sociali: fondamenti di una teoria generale*, Il Mulino, Bologna.

Lundvall, B. 1992. 'Introduction' National systems of innovations: Towards a theory of innovation and interactive learning, in Martin, B. & Nightingale, P. (eds.), *The political economy of science, technology and innovation*, pp. 524-546.

MacKie-Mason, J. & Varian, H. 1994, Economic FAQs about the Internet, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8, No. 3, pp. 75-96.

Malerba, F., Nelson, R., Orsenigo, G., & Winter, S. 1999, History friendly models of industry evolution: the computer industry, *Industrial and Corporate Change*, No. 1, pp. 3-40.

Malerba, F. & Orsenigo, L. 1996, Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific, *Research Policy*, No 25, pp. 451- 478.

Malerba, F. & Orsenigo, L. 1995, Schumpeterian patterns of innovation, *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 19, No. 1, pp. 47-65.

Mandelbrot, B. 1967, How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension, *Science*, 156, pp. 636-638.

Marengo, L. & Willinger, M. 1997, Alternative methodologies for modelling evolutionary dynamics: introduction. *Journal of Evolutionary Economics*, No. 4, pp. 331-338.

Martin, B. & Nightingale, P. 2000, *The political economy of science, technology and innovation*, Elgar Reference Collection, Cambridge.

Marx, K. 1980 (1a Edn. 1885), *Il Capitale*, Libro Secondo, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Marx, K. 1974 (1a Edn. 1867), *Il Capitale*, Libro Primo, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Maturana, H. 1988a, Reality: The search for objectivity or the Quest for a Compelling Argument, *The Irish Journal of Psychology*, Vol. 9, No. 1, pp. 25-82.

Maturana, H. 1988b, The biological foundations of self consciousness and the physical domain of existence, in *American Society For Cybernetics Conference*, 18-23 Ottobre 1988, Conference Workbook: Texts in Cybernetics, Felton, URL: <http://www.inteco.cl/biology/ontology/index.htm> (Visitato Settembre 2005).

Maturana, H. 1978, Biology of language: the epistemology of reality, in Lenneberg, E. & Miller, G. (Eds.) *Psychology and Biology of Language and Thought: Essays in Honor of Eric Lenneberg*, pp. 27-63.

Maturana, H. e Varela, F. 1985, *Autopoesis e cognizione*, Saggi Marsilio, Venezia.

Maturana, H. e Varela, F. 1972, Mechanism and biological explanation, *Philosophy of Science*, Vol. 39, No. 3, pp. 378-382.

McDowell, J. 2004, Downloading the sky, *Spectrum IEEE*, Vol. 41, No. 8, pp. 35-39.

Merton, R. 1980, *Teoría y estructuras sociales*, 2^{da} Edn, Fondo cultura economica, Mexico.

Mensch, G. 1979, *Stalemate in technology: innovations overcome the depression*, Ballinger Publishing Company, Cambridge.

Metcalf, J. 1998, *Evolutionary economics and creative destruction*, Routledge, London.

Metcalf, J. 1989, Evolution and economic change, in Silberston, A. (eds.) *Technology and Economic Progress*, Macmillan London, pp. 54-85.

Metcalf, J. 1988, The diffusion of innovation: an interpretative survey, in Dosi et al. (eds.) *Technical change and economic theory*, Pinter, London pp. 560-589.

Metcalf J. S. and Saviotti P. (eds.) 1991, *Evolutionary theories of economics and technological change*, Harwood Academic Press, Chur.

Morin, E. 1980, *Il metodo: la vita della vita*, Vol. 2, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Morin, E. 1977, *Il metodo: la natura della natura*, Vol. 1, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Misa, T. 1988, How machines make history, and how historians (and others) help them to do so, *Sciences, Technology, & Human Values*, Vol. 13, No. 3/4, pp. 308-331.

Monthoux de, G. P. 1993, *The moral philosophy of management*, M.E. Sharpe, London.

Moss, S. 1996, Declarative modelling of structural change, *Workshop on Modelling Structural Change*, Manchester Metropolitan University.

Moss, S. 1984, The Theory of the firm from Marshall to Robinson and Chamberlin, *Economica*, No. 51, pp. 307-318.

Motoman 2001, *About Motoman*, <<http://www.motoman.com/about/>>

Mowery, D. & Rosenberg, N. 1998, Paths of innovation: technological change in 20th century in America, Cambridge University Press, Cambridge.

Nasdaq 2006, *Stock quotes*, <<http://quotes.nasdaq.com>>

National Center for Supercomputing Applications 2006, *NCSA MOSAIC*, <<http://www.ncsa.uiuc.edu>>

Nelson, R., Steil, B & Victor, G. (Eds.) 2002, *Technological innovation and economic performance*, Princeton University Press, New Jersey.

Nelson, R. & Winter, S. 1982, *An evolutionary theory of economic change*. Belknap Press, Cambridge.

North, D. 1994, Economic performance through time. *The American Economic Review*, Vol. 84, No. 3, pp. 359-368.

North, D. 1978, Structure and performance: the task of economic history. *Journal of Economic Literature*, Vol. 16, No. 3, pp. 963-978.

North, D. 1971, Institutional change and economic growth. *The Journal of Economic History*, Vol. 31, No. 1, pp. 118-125.

Nosengo, N. 2003, *L'estinzione dei tecnosauri: storie di tecnologie che non c'è l'hanno fatta.*, Sironi, Milano.

OECD 2006. *Government R&D Funding and Company Behaviour: Measuring Behavioural Additionality*, OECD Publishing, Paris Cedex.

Ofek, E. & Richardson, M. 2003, DotCom Mania: the rise and fall of Internet stock prices, *The Journal of Finance*, Vol. 58, No. 3, pp. 1113-1137.

Olschki, L. S. (eds.) 1985, *Dizionario dei filosofi del Novecento* 1985, L.S. Olschki, Firenze.

Pagani, P. 1999, *Contraddizione performativa e ontologia*, Franco Angeli, Milano.

Papandreou, A.G. 1959, *Economics as a science*, Lippincott, Filadelfia.

Parsons, T. 1991, *The social system*, 2a edn, Routledge, London.

Pasinetti, L. 1993, *Dinamica economica strutturale. Un'indagine teorica sulle conseguenze economiche dell'apprendimento umano*, Il Mulino, Bologna.

Pasinetti, L. 1981, *Structural change and economic growth*, Cambridge University Press, Cambridge.

Pérez, C. 2002, *Technological revolutions and financial capital. The dynamics of bubbles of golden ages*, Edward Elgar, Cheltenham.

Pérez, C. 1983, Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems, *Futures*, Vol. 15, No. 4, pp. 357-375.

Phelps, E. 2005, Global change needs flexibility, not a fixed rule, *Financial Times*, 25-06, p. 11.

Piaget, J. 1970, *Le structuralisme*, Presses Universitaires de France, Paris Cedex.

Porter, M. 2001, Strategy and the Internet, *Harvard Business Review*, Vol. 79, pp. 63-78.

Porter, M. 1998, Clusters and the new economics of competition, *Harvard Business Review*, Vol. 76, No. 6, pp. 77-91.

Prigogine, I. 1993, Bounded rationality: From dynamical systems to socioeconomic models, in Day, R. & Chen, P. (eds.) *Nonlinear dynamics and evolutionary economics*, Oxford University Press, Oxford, pp. 3-13.

Prigogine, I. 1987, Exploring complexity, *European Journal of Operational Research*, Vol. 30, pp. 97-103.

Project Xanadu 2006, *Xanadu space*, <URL: <http://xanadu.com>>

Puccia, C. & Levins, R. 1985, *Qualitative modelling of complex systems: an introduction to loop analysis and time averaging*, Harvard University Press, Cambridge.

Punzo, L. (ed.) 2001, *Cycles, growth and structural change: theories and empirical evidence*, Routledge, Londra.

Quadrio-Curzio, A. & Scazzieri, R. 1990, *Dinamica economica strutturale*, Il Mulino, Roma.

Ranchetti, F. & Silva, F. 2002, *Antologia del pensiero economico: Smith, Ricardo, Marx, Cournot, Marshall, Pareto, Schumpeter, Keynes, Friedman, Coase, Arrow, Stiglitz*, Einaudi Scuola, Milano.

Resilience Alliance 2005, *Adaptive Cycles*, <<http://resalliance.org>>

Rosen, R. 1987, On complexity systems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 30, pp. 129-134.

Rosenberg, N. 1982, *Inside the black box*, Cambridge University Press, Cambridge.

Rosenberg, N. 1974, Science, Invention and Economic Growth, *The Economic Journal*, Vol. 84, No. 333, pp. 90-108.

Rosser, J. 1999, On the complexities of complex economic dynamics, *Journal of Economic Perspectives*, No. 13, pp. 169-92.

Rosser, J. 1991, *From catastrophe to chaos: a general theory of economic discontinuities*, Kluwer, Boston.

Rothschild, E. 1994, Adam Smith and the Invisible Hand, *The American Economic Review*, Papers and Proceedings of the Hundred and Sixth Annual Meeting of the American Economic Association, Vol. 84, No. 2, pp. 319-322.

Rothschild, E. 1992, Adam Smith and conservative economics, *The Economic History Review*, New Series, Vol. 45, No. 1, pp. 74-96.

Rotta, S. 2002, Quattro temi dell'Esprit des Lois. URL: http://www.cromohs.unifi.it/7_2002/rotta_quattro_temi.html (visitato Luglio 2003).

Schelling T. 1978, *Micromotives and macrobehavior*, W.W. Norton, New York.

Schumpeter, J. A. 1990, *Storia dell'analisi economica*, Vols. I, II e III, Bollati Boringhieri, Torino.

Schumpeter, J.A. 1977, *Teoria dello sviluppo economico*, Sansoni, Firenze.

Schumpeter, J. A. 1956 (1a Edn. 1914), *Epoche di storia delle dottrine e dei metodi*, Unione tipografico-editrice torinese, Torino.

Schumpeter, J. A. 1947, The creative response in economic theory, *The Journal of Economic History*, Vol. 7, No. 2, pp. 149-159.

Schumpeter, J. A. 1939, *Business cycles*, Vols. I e II, McGraw Hill, New York.

Schumpeter, J. A. 1935, The analysis of economic change, *The Review of Economic Statistics*, Vol. 17, No. 4, pp. 2-10.

Schumpeter, J. 1928, The instability of capitalism, *The Economic Journal*, Vol. 38, No. 151, pp. 361-386.

Schumpeter, J. A. 1927, The explanation of the business cycle, *Economica*, No. 21, 286-311.

Second Life 2006, *The world*, <<http://secondlife.com>>

Senge, C. et al. 2004, *Presence: Human purpose and the field of the future*, SoL Publications, Cambridge.

Silberston, A. (eds.) 1989, *Technology and economic progress*, Macmillan, London.

Skyttner, L. 2001, *General systems theory*, World Scientific Publishing Co., Singapore.

Smith, A. 1958 (1a Edn. 1776), *Ricerche sopra la natura e le cause della ricchezza delle nazioni*, Unione tipografico - editrice torinese, Torino.

Solow, R. 1957, Technical change and the aggregate production function, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3, pp. 312-320.

Solow, R. 1956, A contribution to the theory of economic growth, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94.

Sorman, G. 1989, *Los verdaderos pensadores del Siglo XX*. Edición Atlantida S.A., Buenos Aires.

Stanton, N. 2003, Human error identification in human-computer interaction, in Jacko, J. and Sears, A. (eds.), *The human-computer interaction handbook: fundamentals, evolving technologies and emerging applications*, pp. 371-383.

Sterman, J. 2000, *Business dynamics systems thinking and modeling for a complex world*, Irwin McGraw-Hill, Boston.

Stoneman, P. 2002, *The economics of technological diffusion*, Blackwell, Oxford.

Stromer-Galley, J. 2003, Voting and the public sphere: conversations on Internet voting, *PS: Political Science and Politics*, Vol. 36, No. 4, pp. 727-731.

Tanenbaum, A. 2006, Structured computer organization, 5ta Edn., Pearson Prentice Hall, New Jersey.

The Tech Museum of Innovation 2006, *Robotics: sensing, thinking and acting*, <www.thetech.org>

Tonella, G. 2004, *Dinamica dei sistemi*, <www.lu.unisi.ch/info_eco2>

Tylecote, A. 1991, *The long wave in the world economy: the current crisis in historical perspective*, Routledge, London.

Ulrich, W. 1996, *A primer to critical systems heuristics for action researchers*, Practical Guide, University of Hull Centre for Systems Studies, Hull.

United Nation Commission on Science & Technology for Development 2005, *The digital divide: ICT development indices 2004*, <<http://stdev.unctad.org/docs/digitaldivide.doc>>

United Nations Online Network in Public Administration and Finance 2004, *UN Global E-government Readiness Report 2004*, <<http://www.unpan.org/egovernment4.asp>>.

Varsavky, O. 1971, Modelos matemáticos y experimentación numérica, *América Latina Modelos Matemáticos: Editorial Universitaria*, Santiago di Cile.

Veit, S. 2002, *Pre-IBM PC Computers*, <<http://www.pc-history.org>>

Verspagen, B. 2002, *Structural change and technology a long view*, Working Paper 02.03, Eindhoven Centre for Innovation Studies, Olanda.

Verspagen, B. 1993, *Growth rates differentials between interdependent economies*, Avebury, Hants.

Vianna de Araújo, T. 2006, *Redes em economia: criação de estruturas e auto organização em sistemas económicos complexos: lição síntese*, Instituto Superior de Economia e Gestão Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Vicari, S. 1991, *L'impresa vivente: itinerario in una diversa concezione*, Etaslibri, Milano.

Vicsek, T. 2002, Complexity: the bigger picture, *Nature*, Vol. 418, p. 131.

Waldrop, M. 1992, *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*, Simon and Schuster, New York.

Wallerstein, I. 1987, Historical systems as complex systems, *European Journal of Operational Research*, Vol. 30, pp. 203-207.

Weber, M. 1974, *Il metodo delle scienze storico-sociali*, Giulio Einaudi Editore, Torino.

White, E. 1990, The stock market boom and crash of 1929 revisited, *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 2, pp. 67-83.

Williams, M. 1997, *A history of computing technology*, 2da Edn, IEEE Computer Society Press, California.

Witt, U. 1992, Evolutionary concepts in economics, *Eastern Economic Journal*, No. 18, pp. 405-420.

World Bank 2006, *e-government*, <<http://www.worldbank.org/egov>>

World Bank 2006, *Global Information and Communication Technologies (GICT)*, <<http://www.worldbank.org/ict>>

World Bank 2005, *World Development Indicators 05*, Development Data Center, Washington D.C.

World Bank 2001, *World Development Indicators 01*, Development Data Center, Washington D.C.

World Bank 1998, *World Development Indicators 98*, Development Data Center, Washington D.C.

World Wide Web Consortium 2006, *About the World Wide Web Consortium*, <<http://www.w3.org>>

World Wide Web Consortium 2000, *Little history of the World Wide Web* <<http://www.w3.org/History.html>>

World Wide Web Consortium 1996, *Information management: a Proposal, introduction of linked information systems, non-linear text systems*, <<http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>>

Young, A. 1928, Increasing returns and economic progress, *The economic Journal*, No. 152, pp. 527-542.

Zamagni, S. 1984, Ricardo and Hayek effects in a fixwage model of traverse, *Oxford Economic Papers*, New Series (Supplement: Economic Theory and Hicksian Themes), Vol. 36, pp. 135-151.

Zattoo 2007, *P2P IPTV*, <<http://zattoo.com>>

Zeigler, B. 1976, *Theory of modelling and simulation*, John Wiley & Sons, New York.

Ziman, J. (eds.) 2003, *Technological innovation as an evolutionary process*. Cambridge University Press, Cambridge.

Appendix 1: Mechanical Machines (1930s – 1950s)

1. **The Zuse Machines** (the Z1, Z2, Z3, Z4 and other Zuse Machines): The Z-series were the series of calculators featuring memory and -initially limited- programmability constructed by Konrad Zuse from 1934, when Zuse realized that an automatic calculator would only need a control, a memory and an arithmetic unit, until 1950, when Zuse installed in Zürich a refurbished Z4. The Z3, for example, was based on relays and utilized the binary number system and could handle floating-point arithmetic.
2. **The Bell Telephone Laboratories and Stibitz's relay computers:** Stibitz experiments with relays for performing calculations began in 1937 and the construction of the first complex number calculator started in 1939. The Relay Interpolator of the National Defense Research Council, in which Stibitz worked during the Second World War, was developed besides the Stibitz's relay computer Model III of Bell Labs (operational in 1944) and followed by Model IV (operational in 1945). Model V was a larger relay-based computing system developed by Bell Labs and became operational in 1946 and Model VI was a modified Model V and just one of these machines was constructed in 1950.
3. **The Harvard Machines** (Harvard Mark 1, Mark 2, Mark 3 and Mark 4 by Howard Aiken). As the Bell Laboratories machines the Harvard ones were developed during the Second World War times (even if ideas were presented before). The Harvard machines span the whole range from the almost entirely mechanical, through the use of the electromagnetic relay, to the incorporation in the last model of electronic elements such as magnetic ferrite core memories. The construction of a large-scale computing machine - the Harvard Mark 1- was undertaken by IBM and Howard Aiken in 1937 (but the construction began in 1939). Harvard Mark II was operational in 1947, Mark III in 1949 and Mark IV in 1952, and the funding was provided by Harvard outside agencies. Harvard Mark IV incorporated many features of the Mark III but performed more speed calculations (as was required by the U.S. Air Forces).

4. **The IBM calculators** (including the Selective Sequence Electronic Calculator – SSEC): IBM's Selective Sequence Electronic Calculator (SSEC) was built in 1945 under the direction of Columbia Professor Wallace Eckert in IBM's Watson Laboratory at Columbia University (founded in 1945 during the final months of World War II, first to provide computing services to the Allies, and then to advance the state of the art of scientific computing throughout the world). The estimated dimensions of SSEC's was "U" shape at 60 + 40 + 80 feet, 180 feet in all; it was a "hybrid" device that incorporated vacuum tubes, relays, and paper-tape reader-punches, with random-access storage was on electromagnetic relays and the serial storage on very high-speed paper tapes. The SSEC was used for a variety of large-scale scientific calculation and it solved many large problems in celestial mechanics, hydrodynamics, geophysics, and atomic theory. The SSEC, for example, was used for calculations of the then-64-year-old problem of the stability of plane Poiseuille flow (or laminar flow, a type of regular, smooth fluid motion), based on an analytical solution to the problem suggested by von Neumann, the calculation took 150 hours, compared to the 100 years that would have been needed for hand computation.

Appendix 2:

The Electronic Revolution Machines (1940s – 1950s)

1. **The Atanasoff-Berry computer** (the ABC): Atanasoff and Berry built a prototype ABC (Atanasoff-Berry Computer) in 1939, and a full-scale model in 1942. Like the Bell Labs Model I, the ABC was not a computer in the modern sense, since it lacked program control and was not general purpose. See Williams (1997, pp. 262-266).
2. **The Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) and Electronic Discrete Variable Automatic Computer (EDVAC)**: The ENIAC was the first large-scale, electronic, digital computer capable of being reprogrammed to solve a full range of computing problems. It was designed and built to calculate artillery firing tables for the U.S. Army's Ballistics Research Laboratory. In 1943 the Moore School of Electrical Engineering of the University of Pennsylvania signed a contract to build the ENIAC by John Mauchley and Pesper Eckert. The ENIAC was finished in 1946 when it was too late to be used for its original purpose. However, Mauchley and Eckert organized a summer school to describe their work to the scientific community, and it was the beginning of multiple projects to build large digital computer. The ENIAC successor was EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) and its research and development project began before the ENIAC was even operational. The EDVAC project involved John von Neumann, who took an active part in the design discussion and published in 1945 the first report - First Draft of a Report on the EDVAC - with a description of the logical design of a computer using the stored program concept, which has come to be known as the von Neumann machines/architecture. This idea was used in the Electronic Delay Storage Automatic Calculator (EDSAC), the first British stored program computer (operational in 1949), and also in design of IAS machine, the first electronic digital computer built by the Institute for Advanced Study (IAS), Princeton (operational in 1952). See Williams (1997 pp. 266-283) and Tanenbaum (2006, pp. 16-19).
3. **The Colossus**: The Colossus was a British computer constructed and used to help decipher encrypted German messages during the Second World War. The

Colossus was operational in 1943-1944 and the mathematician Alan Turing was involved in its design. The Colossus, as the IAS, is considered the world's first electronic digital computer (Tanenbaum 2006, p. 17). See Williams (1997, pp. 284-293).