

Capitolo 4

Simulazione, una rappresentazione della realtà

Se ad un ricercatore, che lavori nel campo delle scienze sociali, viene posta una domanda sul perché si verifichi un certo fenomeno e qual è il motivo del verificarsi del fenomeno in questione la sua risposta inizierà certamente con il verbo “*dipende*”. Infatti la differenza fondamentale tra la risposta data da uno scienziato che studia le così dette scienze esatte¹ ed uno scienziato che studia le scienze dell’uomo consiste nell’impossibilità, per questi ultimi, di isolare le cause del fenomeno e di darne una spiegazione univoca. Infatti nelle scienze dell’uomo succede che a scatenare un fenomeno ci siano più cause che interagiscono tra loro e con l’ambiente che le circonda, inoltre non è detto che le stesse cause “trapiantate” in un ambiente diverso ed in un momento diverso scatenino lo stesso fenomeno. È quindi chiaro come per lo scienziato sia impossibile dare un’unica spiegazione al fenomeno.

¹ Ad esempio i matematici, gli ingegneri, i fisici etc.

Le scienze sociali sono caratterizzate proprio dalla mancanza di certezze e dalla mancanza di immutabilità, questa mancanza di certezze è un carattere tipico dall' "oggetto" di studio di queste scienze: l'uomo ed i rapporti che egli instaura con gli altri soggetti (uomini o istituzioni) e l'ambiente in cui vive.

Da Parisi (2001):

"[...]La scienza si è occupata fino ad oggi soprattutto di sistemi semplici e solo oggi sta scoprendo i sistemi complessi. E questo spiega tra l'altro perché le scienze della natura hanno fatto più progressi fino ad oggi delle scienze dell'uomo, dato che una parte più grande di ciò di cui si occupano la fisica, la chimica e la biologia [la matematica, l'ingegneria etc.] è costituita da sistemi semplici, mentre ciò di cui si occupano le scienze dell'uomo, la mente umana, le società umane, la storia di queste società, è quasi sempre costituito da sistemi complessi."

4.1 La complessità

Gli uomini hanno spesso cercato di definire dei modelli della realtà circostante. La scienza e l'arte, fin dalle loro forme primitive, hanno sempre avuto insita in loro l'attività del modellare.

L'uomo ha molto spesso cercato di comprendere e di descrivere la realtà che lo circonda.

Le metodologie con cui può fare questa "descrizione" sono diverse ma se la scelta ricade sulla scienza per spiegare i fenomeni che accompagnano la vita dell'essere umano avremo che tutte le scienze, che siano esatte o scienze dell'uomo, hanno in comune un aspetto, ossia la necessità di creare modelli per rendere concrete le teorie che spiegano la realtà e per renderle accessibili anche agli altri esseri umani. Questa

necessità nasce dall'obbligo per l'uomo di rendere concreto ciò che in realtà è astratto. Una teoria non è tale e non esiste fino a che non è stata espressa in qualche modo.

I modelli nascono proprio perché l'uomo necessita di dare spiegazioni non astratte ai fenomeni in cui è immerso e che osserva ogni giorno. Da qui la nascita dei modelli con cui tutti gli scienziati si sono cimentati anche se con più o meno successo in base al tipo di teoria che si voleva elaborare.

Una delle principali motivazioni che stanno alla base della nascita e dello sviluppo dell'attività scientifica consiste nel trovare dei modelli semplici che possano spiegare e riprodurre quello che avviene in natura. Per questo motivo fin dai tempi dei Greci, i filosofi e gli scienziati hanno cercato di scoprire dei modelli matematici (teorie) che potessero essere usati per studiare i fenomeni naturali. Era convinzione comune all'epoca, e lo è stata per molto tempo dopo, che il linguaggio della matematica e dei numeri potesse spiegare ciò che accadeva in natura, si doveva solo trovare la chiave di lettura.

Una tendenza che associa tutti gli scienziati è quella che li porta a credere che la realtà sia fatta di sistemi semplici.

Da Parisi (2001) possiamo trarre la descrizione di un sistema semplice:

“In un sistema semplice una singola causa produce un singolo effetto, per cui sapendo che si è verificata la causa possiamo prevedere che si produrrà o si è prodotto l'effetto, e possiamo fare in modo che la causa si verifichi per ottenere l'effetto, [...]. L'effetto può anche essere prodotto da più cause, ma in genere le cause non sono molte e, soprattutto, il ruolo che ciascuna causa ha nel produrre l'effetto è separabile da quello delle altre cause. [...]. Questo si esprime dicendo che i sistemi semplici sono lineari.”

Naturalmente la realtà non è fatta solo di sistemi semplici, anzi la realtà è fatta soprattutto di sistemi *complessi* e per i quali è difficile stabilire il rapporto di causa ed effetto da cui discendono, ma soprattutto è difficile stabilire le cause che scatenano tali fenomeni.

Sempre da Parisi (2001):

“I sistemi complessi hanno caratteristiche opposte a quelle dei sistemi semplici. In un sistema complesso ci sono molte cause che producono un dato effetto e le relazioni tra cause sono non lineari invece che sommatorie, nel senso che ogni singola causa non è indipendente da quello delle altre cause, per cui non può essere isolato. I sistemi complessi sono in genere fatti di moltissimi elementi [...] che si influenzano localmente [...] e da queste numerose interazioni locali emergono proprietà globali dell'intero sistema che non sono deducibili o prevedibili.”

Fino ad ora si è discusso riguardo ai sistemi complessi e lineari, guardiamo le caratteristiche che distinguono gli uni dagli altri e proviamo a spiegare perché l'uomo privilegia lo studio dei sistemi semplici.

4.1.1 Sistemi semplici (lineari) e sistemi complessi (non lineari)

Come già detto precedentemente l'uomo tende a costruire modelli per spiegare la realtà e per elaborare teorie. La scienza ha visto la realtà che studiava come sistema semplice perché in questo modo gli esseri umani hanno avuto sempre l'impressione di capire meglio l'oggetto di studio. Infatti in un sistema semplice, o lineare², si riescono ad individuare le cause

² I sistemi semplici sono definiti lineari poiché il ruolo che ciascuna causa ha nel produrre l'effetto è separabile da quello delle altre cause. Le cause si sommano e si possono isolare e se ne può prevedere l'effetto di una di esse senza preoccuparsi delle altre

che permettono ad un certo fenomeno di verificarsi e soprattutto, con l'ausilio dei sistemi semplici, si è in grado di isolare il fenomeno per poterlo studiare meglio ed in tutte le sue sfaccettature. Quindi l'uomo si è limitato allo studio dei sistemi semplici perché sono quelli per i quali riesce a dare spiegazioni e univoche. Questa capacità dell'uomo di dare delle spiegazioni certe ai fenomeni dei sistemi semplici è data dalla struttura stessa di questi. Vediamo come sono strutturati.

Tutti i sistemi semplici sono caratterizzati da alcune proprietà che possiamo così elencare (Parisi, 2001):

- gli stati successivi di un sistema semplice sono prevedibili se si conoscono gli stati precedenti;
- se un sistema semplice si trasforma nel tempo il modo in cui si trasforma è prevedibile;
- se un sistema semplice è “perturbato” da un evento esterno, l'effetto della perturbazione sul sistema è commisurato all'entità della perturbazione;
- se due sistemi semplici partono da condizioni iniziali diverse, il loro sviluppo nel tempo sarà diverso e questa diversità sarà tanto più grande quanto più sono diverse le condizioni iniziali;
- un sistema semplice può venire isolato dal contesto, cioè il fatto di operare in contesti diversi non cambia il funzionamento del sistema;
- un sistema semplice tende a non essere coinvolto in rapporti di causazione reciproca; un elemento del sistema ne influenza un altro, ma non viceversa;
- un sistema semplice tende a non essere parte di una gerarchia di sistemi;
- un sistema semplice è fatto di parti il cui ruolo nel determinare il comportamento complessivo del sistema è ben individuabile;
- un sistema semplice può essere riprodotto in copie identiche.

I sistemi semplici, come detto, sono di facile comprensione ma non sono applicabili in nessun modo al campo economico. Infatti questa scienza, sebbene sia considerata tra le più avanzate delle scienze dell'uomo, per poter spiegare alcuni fenomeni deve arbitrariamente limitare il numero di variabili. In genere l'economia riesce a spiegare unicamente una variabile in funzione di alte variabili date e costanti o in funzione del tempo ma in nessun modo riesce a dare una spiegazione del perché le diverse variabili sono legate tra di loro. Inoltre molto spesso gli economisti fanno uso di una semplificazione inaccettabile per spiegare i comportamenti degli individui e cioè usano l'agente rappresentativo.

Da Ormerod (2003):

“L'idea che si possa comprendere il sistema nel suo complesso osservando il comportamento di un singolo agente rappresentativo è per definizione inaccettabile. Infatti l'esito globale dipende dalle interazioni tra gli individui e dall'influenza che questi esercitano gli uni sugli altri. È letteralmente impossibile inferire il comportamento del gruppo dall'osservazione di uno dei suoi componenti preso da solo.”

Per fare un esempio concreto di quanto detto fino ad ora, si provi a pensare ad un'impresa, il comportamento della stessa cambierà sia al mutare del comportamento delle altre imprese concorrenti (si pensi ad un'impresa concorrente che improvvisamente scopre un'innovazione tecnologica che le permette di produrre a costi bassissimi e di vendere quindi a prezzi vantaggiosi continuando ad avere un ottimo margine di guadagno) sia al mutare delle condizioni ambientali che la circondano. Dati questi elementi è difficile pensare di trattare l'impresa in modo separato dall'ambiente. Quindi una realtà economica non può essere un sistema semplice.

I comportamenti che si verificano in economia, e nelle altre scienze dell'uomo, sono difficilmente comprensibili in quanto non sono dati da una

semplice somma dei comportamenti delle singole parti ma sono dati dall'interagire di numerosi elementi. I fenomeni dei sistemi complessi interagiranno tra di loro a livello locale e successivamente queste interazioni andranno ad agire a livello globale facendo emergere comportamenti non lineari ed imprevedibili.

Tutti i sistemi complessi sono caratterizzati da alcune proprietà che possiamo così elencare (Parisi, 2001):

- gli stati futuri del sistema complesso non sono in genere molto prevedibili sulla base degli stati precedenti;
- le trasformazioni nel tempo di un sistema complesso sono anch'esse poco prevedibili;
- le perturbazioni esterne che agiscono su un sistema complesso producono effetti che tendono ad non essere commisurate all'entità della perturbazione;
- i sistemi complessi sono molto sensibili alle loro condizioni iniziali; due sistemi complessi che partono da condizioni iniziali appena differenti possono svilupparsi nel tempo in modi molto diversi;
- i sistemi complessi sono molto sensibili al contesto in cui operano;
- i sistemi complessi sono coinvolti in rapporti di causazione reciproca: tipicamente un elemento del sistema influenza un altro elemento e ne è influenzato;
- i sistemi complessi tendono ad essere inseriti in gerarchie di sistemi, dove un sistema ad un certo livello costituisce un elemento di un sistema più grande ad un livello immediatamente successivo della gerarchia;
- il ruolo che ciascun elemento di un sistema complesso ha nel determinare il comportamento globale del sistema non è identificabile;
- i sistemi complessi non possono essere riprodotti in copie identiche.

La ragione per cui la scienza si è occupata fino ad oggi quasi esclusivamente dei sistemi semplici ignorando l'esistenza di quelli complessi è che i sistemi lineari si prestano, meglio di quelli non lineari, ad essere studiati con gli strumenti tradizionali della scienza.

I sistemi complessi sono troppo complicati e formati da troppe parti che interagiscono tra di loro per poter essere studiati con metodi tradizionali.

L'avvento della simulazione come metodo di ricerca e come metodo per elaborare e verificare le teorie ha rivoluzionato il modo di concepire la realtà della scienza. Infatti una scienza che adotta la simulazione come metodo di ricerca non vedrà più la realtà come un insieme di sistemi lineari ma la vedrà in tutta la sua complessità.

4.1.2 L'emergenza

Le simulazioni sono uno splendido strumento per scoprire, studiare e conoscere i fenomeni emergenti.

Si ritiene molte volte che le simulazioni siano una semplice riproduzione di una realtà che già conosciamo e che quindi non ha un grande spessore scientifico il riprodurre queste realtà conosciute. Però da queste simulazioni spesso emergono fenomeni che non si potevano immaginare, fenomeni che non erano definiti a priori all'interno della teorie che non si era pensato di verificare.

Questa varietà di risultati delle simulazioni è spesso dovuta al fatto che la realtà è ricca di complessità e quindi di fenomeni di cui non è possibile capire a priori il comportamento essendo questi fenomeni complessi. La complessità che sta attorno a noi manifesta sia aspetti angoscianti sia caratteristiche meravigliose. L'inquietudine che discende dalla complessità è dovuta all'incapacità di comprendere perché si verificano certi fenomeni e quali saranno gli sviluppi futuri di questi

fenomeni. Si pensi, ad esempio, alle eruzioni devastanti ed imprevedibili di alcuni vulcani o ai terremoti che scuotono la crosta terrestre.

La complessità però è anche stupenda perché è in grado di sorprenderci con fenomeni che nessuno avrebbe mai creduto possibili, scaturiti da strutture semplici o da esseri viventi che sono considerati “inferiori”. Per esempio pensiamo alla complessità di costruzione che sta dietro un formicaio ed alla complessità che emerge dai comportamenti delle formiche.

La non-linearità di certi sistemi si presta a spiegare il fenomeno dell'emergenza, cioè il processo grazie al quale, dall'interazione di una moltitudine di soggetti (formiche, investitori, molecole, . . .), prende forma un'autorganizzazione spontanea.

Ciò che maggiormente crea curiosità nei sistemi complessi è proprio la comparsa di queste "proprietà emergenti" che appaiono ad un certo punto della storia di un sistema complesso.

Con Tinti (1998):

“[...] Sia il connessionismo che la scienza della complessità presentano numerosi tratti comuni: entrambe le discipline affondano le radici nella cibernetica; entrambe rifiutano con estrema coerenza ogni coinvolgimento con il dualismo; entrambe hanno superato, nei fatti se non in teoria, la conflittuale dicotomia scienza/filosofia; entrambe hanno sviluppato un metodo di ricerca che si colloca a metà strada tra pura teoria ed esperimenti di laboratorio; entrambe utilizzano modelli computazionali composti da numerosissimi processori virtuali connessi in rete; infine, cosa più importante, entrambe sostengono di essere in grado di simulare al computer, tramite i loro modelli, i fenomeni emergenti.”

Su quest'ultimo punto occorre soffermarsi. A che cosa si riferiscono esattamente questi ricercatori quando parlano di fenomeni emergenti? Sul

piano teorico, essi si riferiscono ai “classici” fenomeni emergenti: la vita, la mente, i fenomeni sociali (questi ultimi comprendenti, nel contesto delle società umane: l’economia, la cultura, il rapporto con l’ambiente, ecc.). Tuttavia, nessuno è attualmente in grado di simulare *questi* fenomeni. Quelli simulati finora sono, per così dire, “micro-fenomeni emergenti”, cioè fenomeni certamente inclusi in ciò che chiamiamo “vita”, “mente” o “società”, ma considerati in modo del tutto isolato. I connessionisti sono in grado di simulare, per esempio, il riconoscimento percettivo e alcuni riflessi, ma la complessità di questi fenomeni, così come quella dei fenomeni simulati da Hofstadter, sta alla complessità della mente come una goccia sta al mare. Analogamente, gli scienziati della complessità sanno simulare al computer la formazione di stormi di uccelli; speculazioni e crolli in Borsa; alcune reazioni chimiche autocatalitiche; alcuni fenomeni cooperativi tra agenti in condizioni di incertezza. Ovviamente, anche la complessità di questi fenomeni è enormemente inferiore a quella della vita e dei comportamenti sociali. Nel suo recente *Emergence: from Chaos to Order* (1998), lo scienziato della complessità John H. Holland, padre degli algoritmi genetici, ha incluso tutti questi micro-fenomeni emergenti in una classe molto generale di fenomeni, associati a quei sistemi i cui modelli possono essere descritti come *procedure generative vincolate* [Holland, 1998].

Tinti seguendo le varie interpretazioni fatte da altri studiosi, definisce emergente ogni fenomeno che:

- è associato al funzionamento di un sistema complesso che evolve nel tempo;
- presenta contemporaneamente le seguenti proprietà:
 - è una novità, un fenomeno che è descrivibile soltanto mediante un linguaggio qualitativamente diverso da quello utilizzato per descrivere il sistema e le sue componenti;

- ha origine "dal basso all'alto", la sua formazione è dovuta esclusivamente alle interazioni locali tra le componenti del sistema;
- è imprevedibile, poiché le regole che descrivono il sistema negli stati locali presentano caratteristiche di non-linearità;
- non è scomponibile, è indipendente dall'esistenza e dalle proprietà delle singole componenti del sistema.

Riportando quanto detto da Terna (1998)³ si può dire che studiando l'emergenza di fenomeni si considera quindi la complessità come un processo a due vie, in cui l'interazione non lineare degli agenti produce effetti sociali e strutture sociali già emerse in precedenza o emergenti (via evoluzione, selezione genetica, co-determinazione) influenzano struttura e comportamento degli agenti.

4.1.3 L'ordine spontaneo di Hayek

Quando si affrontano in un contesto economico i temi della complessità e dei fenomeni emergenti ad essa collegati, risulta inevitabile un collegamento con le opere di Friedric von Hayek⁴. Le maggiori analogie si presentano con la teoria dell'ordine spontaneo.

Questa teoria venne sviluppata da Hayek per cercare una soluzione alle difficoltà logiche ed alla scarsa rilevanza empirica che la teoria neoclassica dell'equilibrio economico generale presentava nell'elaborazione di una qualsiasi teoria del ciclo, del capitale e della moneta. Secondo l'economista austriaco le modalità in base alle quali la moneta era in grado di condizionare il sistema economico erano più complesse di quanto previsto dalla teoria quantitativa. Inoltre Hayek riteneva che le premesse metodologiche su cui si basava tale teoria erano inaccettabili, in particolare

³ Creare mondi artificiali: una nota su Sugarscape e due commenti

l'attacco dell'economista riguarda l'uso di aggregati o medie generali e il tentativo di stabilire relazioni tra queste grandezze. Infatti con l'uso di questi modelli non è possibile alcun tipo di analisi sulle scelte intertemporali degli agenti.

Per trovare una via d'uscita a questo concetto, Hayek introdusse il concetto di ordine che, a differenza dell'equilibrio, può coesistere con un certo disequilibrio. L'ordine secondo Hayek è distinto in, *ordine spontaneo* ed *organizzazione*.

L'ordine spontaneo è quell'ordine che si forma per evoluzione ed è in grado di perpetuarsi e riprodursi grazie al meccanismo interno che ne regola il funzionamento. Le strutture delle relazioni presenti all'interno di un ordine spontaneo non sono facilmente comprensibili e il comportamento del sistema non è riconducibile alla volontà degli individui.

L'organizzazione è un ordine costruito artificialmente dagli uomini da ciò ne deriva che il tipo di ordine presente all'interno dell'organizzazione è un tipo di ordine piuttosto semplice creato con strutture relazionali semplici. Infatti all'interno di un'organizzazione ogni individuo ha un suo ruolo e dei compiti da svolgere specifici mentre se si analizza un ordine spontaneo emergerà che gli individui che ne fanno parte possono perseguire i propri fini particolari. L'ordine spontaneo arriva là dove l'organizzazione non può arrivare.

Secondo Hayek, pianificare centralmente l'economia presuppone l'individuazione di fini semplici e limitati in grado di sussistere con l'organizzazione stessa. Gli individui però hanno fini molteplici e spesso incompatibili, l'unico modo per superare questo ostacolo è quello di privare i singoli della libertà di perseguire i propri fini e di promuovere una gerarchia di fini compatibili con l'organizzazione.

Per fare un esempio di quanto detto si pensi ad un'economia pianificata dove per perseguire i fini dello Stato si rinuncia al mercato ed al sistema dei prezzi. In questo tipo di organizzazioni, nelle quali si suppone

⁴ Per un maggiore approfondimento sulla vita e sulle opere di Hayek si veda l'appendice.

che i mezzi di produzione siano di proprietà dello Stato, le imprese non potrebbero disporre, nelle loro decisioni, di criteri razionali di scelta e non sarebbe dunque loro possibile perseguire obiettivi di efficienza (G. Pavanelli, 2001). Infatti come sottolineato dallo stesso Mises in un regime di risorse scarse nessun ordinamento sociale che si propone obiettivi di razionalità economica può fare a meno di un sistema dei prezzi e quindi di mercati che funzionino come segnale per individuare la scarsità delle risorse.

La creazione di un'organizzazione economica comporta anche una perdita di benessere, dato che in un'organizzazione le conoscenze accumulabili si riducono necessariamente a quelle concentrabili nell'organo di controllo preposto alla formulazione del piano. Le conoscenze di un'economia di mercato invece variano da individuo a individuo, sono disperse fra milioni di persone diverse, mutano nel tempo e nello spazio e pertanto è impossibile poterle concentrare o codificare.

Hayek sottolinea anche che spesso le conoscenze sono tacite, gli individui non sanno di possederle; ciò che spinge i singoli a scoprirle è il meccanismo della concorrenza, è grazie alle variazioni dei prezzi che gli imprenditori scoprono i differenti modi di ridurre i costi di produzione, modi che non erano loro noti prima che la concorrenza li spingesse a cercarli.

Il mercato concorrenziale è quindi una "procedura di scoperta", è un "processo dinamico" che favorisce la diffusione di informazioni. In un ordine concorrenziale di mercato un certo grado di disequilibrio è indispensabile per il suo funzionamento.

Bisogna ammettere che il collegamento tra l'immensa opera di Hayek e gli studi sulla complessità è molto forte.

4.2 La simulazione

La simulazione è uno strumento che negli ultimi anni si è aggiunto agli strumenti già in possesso dell'uomo per studiare la natura e la realtà che lo circonda.

Per cercare di spiegare in maniera soddisfacente cosa si intende per simulazione ci poggieremo in modo significativo su quanto scritto da D. Parisi nel suo libro *Simulazioni, la realtà rifatta al computer*.

La definizione di simulazione data dall'autore è:

“Le simulazioni sono un nuovo modo di esprimere le teorie che non usa simboli. Una simulazione è una teoria scientifica espressa non con simboli ma come programma di computer. [...]”

Il programma gira nel computer e riproduce i fenomeni che la teoria intende spiegare. È per questo che le teorie espresse in forma tradizionale, cioè con le parole, i simboli della matematica, gli schemi grafici, si limitano a spiegare la realtà. Le teorie espresse come simulazioni la riproducono.”

Secondo Parisi, la differenza fondamentale tra le simulazioni e le teorie classiche consiste nel fatto che, sebbene anche il programma di un computer sia un insieme di simboli, i simboli delle teorie classiche sono destinati agli uomini e quindi devono poter essere capiti da altri uomini se si vuole che la teoria svolga il suo compito divulgativo e soprattutto se si vuole che persone diverse dall'ideatore della teoria possano cercare di trarne delle predizioni. Invece i simboli di un programma per computer sono destinati unicamente al computer e quindi non è necessario che gli altri uomini capiscano i linguaggi di programmazione per capire la teoria che vi sta dietro e per permettere a questa di svolgere il suo compito divulgativo o di essere usata per trarne delle previsioni.

Detta in altre parole si può affermare che l'interazione tra la teoria (simulazione) e la mente degli scienziati non passa attraverso la comprensione dei simboli che costituiscono il programma del computer da parte degli scienziati.

Oggi quindi lo scienziato può ricorrere alla simulazione al computer per formulare le sue teorie. Questo strumento viene anche detto “*terza via*” e va ad affiancarsi alle tecniche tradizionali per esprimere teorie che fanno ricorso al metodo verbale (si pensi ad un libro di storia) o al metodo matematico (una teoria fisica). Di queste metodologie parleremo più avanti ed in modo approfondito, per il momento ci occupiamo unicamente della simulazione.

Da quanto detto fino ad ora possiamo affermare quindi che la simulazione consiste nel costruire una teoria, quantitativa o qualitativa, grazie all'ausilio di un programma che gira in un computer. Questi strumenti sono particolarmente utili per modellare dei processi lineari (sistemi semplici) ma soprattutto per ricostruire relazioni non lineari (sistemi complessi) tra le variabili del modello.

La logica che sta dietro alla costruzione di un modello per mezzo di una simulazione al computer non è molto differente da quella utilizzata nei più familiari modelli statistici; in entrambi i casi, infatti, il ricercatore è alla ricerca della spiegazione migliore per il fenomeno che sta osservando. Utilizzando equazioni, regressioni o programmi per computer, il modello è costruito sulla base di una teoria che il ricercatore ha già formulato in precedenza in modo astratto per poi confrontare i risultati ottenuti dal modello con i dati riscontrabili nella realtà. Se il risultato del modello ed i dati della realtà sono simili il modello è in grado di spiegare il fenomeno, in caso contrario la teoria andrà riformulata (Gilbert, Terna 2000). Sempre Gilbert e Terna (2000) a proposito di modelli:

“[...] there are three different “symbol systems” available to social scientists: the familiar verbal argumentation and mathematics, but

also a third way, computer simulation. Computer simulation, or computational modeling, involves representing a model as a computer program. Computer programs can be used to model either quantitative theories or qualitative ones. They are particularly good at modelling processes and although non-linear relationships can generate some methodological problems, there is no difficulty in representing them within a computer program.”

4.2.1 I modelli delle teorie

Proviamo ora a dare una spiegazione dei modelli a cui si è accennato e successivamente proveremo a spiegare perché i primi due modelli possono essere sufficienti per spiegare i sistemi semplici (e quindi perché sono utilizzati soprattutto nelle scienze esatte) mentre la simulazione è un modello che si adatta sia ai modelli semplici che a quelli complessi.

Avrò anche riguardo ad analizzare come il modello di simulazione abbia influito molto sul modo di concepire la realtà degli scienziati.

4.2.1.1 Modello letterario descrittivo

Fino ad oggi le teorie sono state espresse mediante simboli, ed il linguaggio è uno dei simboli utilizzati per esprimere queste teorie. I simboli del linguaggio sono le parole che lo costituiscono ed il significato dato alle parole viene dato dalle persone. L'uso della lingua, parlata e scritta, è stato privilegiato soprattutto per la facilità di comunicazione che ne deriva. Infatti il concetto contenuto in una parola è “schematizzato” all'interno di un vocabolario e quindi non vi sono problemi per rendere la teoria concreta e per fare assolvere alla stessa il suo compito divulgativo.

È inoltre possibile che nel formulare la teoria le parole del comune linguaggio vengano definite con maggiore precisione ed in modo esplicito

dallo scienziato, che lo scienziato ne cambi e ne ridefinisca il significato, che le formalizzi e ne indichi esplicitamente le relazioni, o che inventi delle parole nuove. Ma nella sostanza la teoria viene comunicata agli altri, descritta negli articoli scientifici e nei libri, insegnata nelle scuole, discussa con i colleghi, usando il normale linguaggio (D. Parisi, 2001).

Un esempio di teoria che viene normalmente formulata usando il “*modello delle parole*” è la teoria darwiniana dell’evoluzione per selezione naturale.

Un uso molto frequente di questo modello è fatto dagli storici che danno una descrizione dettagliata degli avvenimenti, un resoconto di ciò che è stato, una analisi più o meno attenta e critica delle decisioni, dei discorsi, delle tendenze che nel corso della storia umana hanno posto le basi per la cultura, le tradizioni, lo stato della tecnica nei differenti paesi, sino ad oggi. Un dubbio sulla possibilità che tale tipo di descrizione della realtà possa rappresentare il corretto campo di indagine è posto da Cipolla il quale sostiene la storia economica è frutto di una partizione artificiosa dei fatti e della vita dell’uomo, per dirla con le sue stesse parole:

“[...] L’homo economicus, così come l’homo faber e l’homo philosophicus è una pura astrazione. La realtà vera è l’uomo nella sua complessità biologica, psicologica, sociale.

[...]Nella realtà delle cose non c’è storia politica, storia sociale, storia tecnica, storia culturale. C’è la storia nel suo insieme, la storia con la S maiuscola, cioè la vita nella sua infinita ed inestricabile complessità, magma in continuo flusso, possente e nel contempo fragile. A scopo descrittivo ed analitico si è costretti a ricorrere alle partizioni di cui si è detto prima. Ma bisogna sempre tener presente che tali partizioni sono frutto di semplificazioni eroiche, talvolta al limite dell’assurdo.[...] Tutto dipende dal punto di vista in cui si pone l’osservatore. ”

I modelli letterari descrittivi hanno il principale vantaggio di essere estremamente flessibili, il motivo della flessibilità di questi modelli è dato dal fatto che dietro di essi vi è la narrazione. Il difetto principale è invece dovuto all'impossibilità di fare computazione su di essi.

4.2.1.2 Modello matematico

Le teorie sono state espresse anche con l'ausilio dei simboli quantitativi che ci sono stati dati dalla matematica.

Quindi oltre alla narrazione, la teoria può essere espressa usando funzioni matematiche che ci dicono come aumenta o diminuisce un certo valore in funzione di un'altra equazione o come questo valore cambia quantitativamente nel tempo. Questi modelli sono stati molto utilizzati all'interno dell'economia per spiegare alcuni fenomeni e per cercare di prevedere l'andamento degli stessi.

Il problema di fondo legato all'uso di modelli di questo tipo è dato dalla rigidità e, con riferimento all'economia, dall'astrazione necessaria per riportare i fenomeni studiati a delle equazioni calcolabili. Invece il vantaggio maggiore degli stessi modelli è la computabilità.

In economia questi modelli sono stati da sempre applicati, il motivo che scaturisce l'uso di questi modelli è l'affannosa ricerca della rigosità del metodo di indagine e dell'analisi dei risultati. In particolar modo in economia si è applicata quella branca specifica della matematica che si occupa dell'ottimizzazione vincolata.

L'analisi della realtà economica (e non solo, ma l'economia è sicuramente il campo a cui meglio si applica l'ottimizzazione vincolata) mediante schemi matematici si basa sull'utilizzo di modelli che simulano umani, in grado di ottimizzare in qualsiasi situazione le scelte relative l'impiego delle risorse, perfettamente razionali ed in grado di sfruttare pienamente le informazioni loro disponibili, considerate illimitate e

comunque sempre analizzate come se le capacità di calcolo fossero pressoché complete ed illimitate.

Quindi l'analisi economica che si è ottenuta è andata scapito dell'attinenza con la realtà, infatti all'interno di questi modelli vi è una forte astrazione.

Come si desume da Terna (1998), il limite maggiore dell'impostazione dei modelli economici rappresentativi della realtà si trova proprio e simultaneamente nella minor capacità degli individui di effettuare scelte perfettamente razionali e nella maggiore complessità delle relazioni tra gli stessi, situazione questa che un modello di ottimizzazione vincolata, per complesso che sia, non potrebbe rappresentare.

4.2.2 I problemi delle scienze sociali

Le scienze sociali appaiono di gran lunga meno sviluppate delle scienze che studiano la natura, questo problema nasce soprattutto dall'impossibilità di osservare un dialogo costante tra dati empirici e teorie.

Questo punto, ossia il costante dialogo tra dati empirici e teorie, è invece il punto di forza che ha permesso alle scienze della natura di progredire e svilupparsi velocemente.

I problemi delle scienze sociali però non risiedono unicamente nella mancanza di corrispondenze tra teoria e dati empirici, volendo elencare queste problematiche, possiamo adottare lo schema di D. Parisi, il quale ritiene che i problemi delle scienze che studiano i comportamenti dell'uomo siano:

- Le scienze dell'uomo hanno un compito più difficile delle scienze della natura
- Nelle scienze dell'uomo teorie e dati empirici non interagiscono tra loro nel modo appropriato

- I dati empirici delle scienze dell'uomo sono spesso problematici
 - Impossibilità di usare il metodo sperimentale
 - Dati quantitativi ma solo esteriormente
 - Dati privati
- La debolezza della loro base empirica spinge le scienze dell'uomo a fare troppo affidamento sul linguaggio con cui parliamo nella realtà
- Nelle scienze dell'uomo c'è un pericoloso intreccio tra scienza ed interessi pratici
- Nelle scienze dell'uomo le suddivisioni disciplinari fanno più danno che nelle scienze della natura

I fenomeni umani sono il risultato di molteplici eventi che vanno ad intrecciarsi ed a interagire tra di loro in modo complicato e la scienza spesso è incapace di districare la “matassa” degli avvenimenti. Inoltre si deve aggiungere che ogni essere umano ha una vita mentale soggettiva ed accessibile solo a lui e ciò mette in crisi la scienza che invece è abituata ad avere a che fare con fenomeni oggettivi. Un ulteriore elemento che complica il campo di studi della scienza che studia gli esseri umani è l'irripetibilità dei fenomeni. È chiaro che, dati questi elementi, la scienza dell'uomo risulta essere molto più complessa della scienza che invece studia la natura, la quale non si trova ad affrontare queste problematiche.

Il problema principale delle scienze dell'uomo è però la mancanza di interazione tra dati empirici e teorie. In verità le scienze dell'uomo non sono tutte uguali ed andrebbero distinte in tre diverse categorie, ossia:

- le scienze che hanno molte osservazioni empiriche ma sono prive di fondamento teorici, si pensi ad esempio alla storia.
- le scienze che sono in possesso sia di teorie che di osservazioni empiriche ma sembra non esserci dialogo tra di

loro, ed in questo caso si può portare ad esempio la sociologia.

- le scienze che cercano di far dialogare i dati empirici con le teorie formulate dagli scienziati ma nonostante gli sforzi la superficie di contatto sembra essere molto piccola, come esempio possiamo portare la scienza economica.

Fino ad ora si è parlato di dati empirici come un punto fondamentale con cui confrontare le teorie per vedere se queste vengono confermate o smentite. Nelle scienze dell'uomo, anche dove i dati empirici sono molti l'uso degli stessi risulta difficile perché le scienze dell'uomo non riescono a fare un uso sperimentale dei dati. Le cause di questa impossibilità vanno ricercate proprio nelle caratteristiche del metodo sperimentale⁵. Inoltre i dati a disposizione dello scienziato sono spesso qualitativi e quindi su di essi è impossibile fare inferenza. Ancora riguardo ai dati va aggiunto che i fenomeni osservati dallo scienziato sono spesso di natura soggettiva. Spesso il dilemma di fronte al quale si trova lo scienziato consiste nel chiedersi se convenga studiare solo i fenomeni oggettivi riguardanti gli esseri umani

⁵ Il metodo sperimentale ha delle caratteristiche ben definite che sono:

1. *isolabilità del fenomeno che si intende studiare*. Nelle scienze sociali questo non è possibile perché spesso i fenomeni non sono dovuti ad una sola causa circoscrivibile;
2. *portabilità fisica del fenomeno in un laboratorio*. Questo è possibile per le scienze naturali ma è altrettanto impossibile per le scienze sociali le quali spesso studiano fenomeni di dimensioni immense;
3. *ripetibilità del fenomeno*. Come già detto in precedenza le scienze dell'uomo sono caratterizzate proprio dall'impossibilità del ripetersi dei fenomeni in modo identico;
4. *il fenomeno deve esistere e verificarsi nel momento in cui si conclude l'esperimento*;
5. *fenomeni osservati devono essere considerati come effetti delle cause che lo sperimentatore controlla in laboratorio*.

rinunciando ad una comprensione profonda dei comportamenti o se è più utile studiare i fenomeni soggettivi dando un quadro più completo dei fenomeni osservati ma regalando fondamenti dubbi alla scienza.

La mancanza di basi empiriche forti su cui fondarsi porta con se un altro problema per le scienze dell'uomo, infatti gli scienziati non potendosi affidare ai dati ed ai fatti empirici si affidano al linguaggio per parlare della realtà. Naturalmente tutta la scienza parla della realtà ma le scienze della natura possono osservare la realtà andando oltre le parole cosa che invece è più difficile per la scienze che studiano i comportamenti dell'uomo. Inoltre affidandosi alla parola le scienze dell'uomo portano con se tutte le problematiche riguardanti le incertezze di interpretazione legate all'uso del linguaggio.

Altra forte problematica allo sviluppo della scienza sociale è che spesso l'uomo guarda alla scienza come aiuto per risolvere i problemi pratici e non come fonte di conoscenza e di comprensione della realtà. Sia le scienze della natura che le scienze dell'uomo sono coinvolte nell'intreccio tra scopi di conoscenza e scopi pratici ma le prime riescono a separare meglio le due problematiche mentre questa operazione è per le scienze dell'uomo più complicata. I motivi sono fondamentalmente due, il primo riguarda il fatto che le scienze dell'uomo sono immediatamente affacciate sui problemi pratici degli esseri umani, mentre io secondo è più banale ma altrettanto importante è dato dal fatto che le scienze dell'uomo sono discipline giovani e quindi più deboli.

Le divisioni disciplinari nascono dalla necessità di semplificare. Fino ad ora si è semplificata la realtà dividendola in categorie che se nelle scienze della natura le divisioni disciplinari non hanno posto problemi nelle scienze dell'uomo queste suddivisioni sono impensabili. Per chiarire il concetto usiamo le parole di D. Parisi (2001):

“[...] Gli esseri umani fin dall'inizio del loro essere umani hanno avuto un comportamento ed una vita mentale (psicologia), un

linguaggio (linguistica), una cultura (antropologia culturale), forme di società (sociologia), sistemi di gestione dei beni (economia) e del potere (scienza politica), cambiamento delle forme sociali e cultura (storia). Tutti questi diversi aspetti del loro essere umani sono stati fin dall'inizio compresenti e hanno interagito tra loro, in maniera tale che la natura di ciascuno di questi aspetti è stata quello che è stata (ed è quello che è) solo in quanto esistevano gli altri aspetti. Di conseguenza, ogni separazione tra i diversi aspetti e le loro assegnazione a discipline diverse non possono che compromettere la comprensione di ognuno di essi.”

4.2.3 I vantaggi delle simulazioni

Nel paragrafo precedente si è detto come nelle scienze della natura, che sono poi anche le scienze più mature⁶, le teorie ed i dati interagiscano costantemente tra di loro. Lo scienziato formula la sua teoria, deriva dalla teoria determinate predizioni empiriche e verifica in laboratorio se queste predizioni empiriche sono corrette oppure no. Se le predizioni mostrano qualche lacuna della teoria lo scienziato farà qualche passo indietro andando a modificare la stessa.

Le simulazioni sono uno strumento aggiuntivo nelle mani dello scienziato, questo strumento va ad affiancare i strumenti di ricerca tradizionali rappresentati dalle teorie e dagli esperimenti di laboratorio.

Quali possono essere i vantaggi che si sono introdotti con l'utilizzo della simulazione?

I vantaggi sono:

- Un nuovo modo per esprimere le teorie
- Una macchina per derivare previsioni empiriche dalle teorie

- Un laboratorio sperimentale virtuale

Come abbiamo visto, le simulazioni sono teorie che interpretano i fenomeni della realtà grazie all’ausilio di un programma che gira in un computer. Adottare il metodo della simulazione implica la traduzione della teoria che si vuole sperimentare con un linguaggio adatto al computer. Detto in altre parole vuol dire utilizzare i linguaggi di programmazione per esprimere la teoria che si sta indagando. Il computer farà “girare” il programma ed in questo modo si potrà verificare se la simulazione riproduce i fenomeni che la teoria intende spiegare.

Il primo vantaggio di questa metodologia è che esprimere una teoria come un programma di computer costringe a formulare la teoria in modo chiaro, esplicito, univoco e senza lasciare troppe di irreali semplificazioni al suo interno. La ragione per cui ci si deve comportare in questo modo per esprimere la teoria tramite il linguaggio di programmazione è che se non è formulata in questo modo il programma resterà incompleto o incoerente e quindi non si avvierà.

I concetti teorici delle scienze dell'uomo, come già detto chiaramente nel paragrafo precedente, non sono in genere concetti quantitativi né matematici, i quali sono per definizione chiari, espliciti e univoci, ed inoltre non si relazionano in modo diretto con la realtà osservabile con i sensi.

Un vantaggio delle simulazioni è che permettono un tipo di verifica completamente nuovo delle teorie. Infatti per le loro caratteristiche le simulazioni si inseriscono a mezza strada tra teorie e dati empirici della realtà.

Una simulazione permette di verificare se le previsioni che lo scienziato trae dalla sua teoria discendono effettivamente dalla teoria oppure no.

⁶ Le scienze della natura sono scienze del Settecento mentre le scienze dell’uomo diventano tali solo a partire dall’Ottocento

Detto in altre parole la teoria formulata dallo scienziato viene creata per cercare di dare una spiegazione a certi fatti, le simulazioni permettono di verificare se l'intuizione dello scienziato è giusta e quindi se la teoria verifica i fatti che lo studioso si proponeva di verificare.

La verifica fatta dalle simulazioni ha due livelli:

- Il primo livello è quello in cui si verifica se la teoria incorporata nella simulazione effettivamente produce i risultati previsti. In questa prima verifica si assumono certi dati empirici, considerati in modo globale e si verifica se la simulazione li riproduce. In realtà quello che si verifica in questo primo livello è la coerenza interna della teoria, la chiarezza e univocità dei suoi concetti, la sua completezza e capacità di riprodurre effettivamente determinate previsioni.
- Il secondo livello di verifica di una simulazione è quello della verifica empirica reale. In questa fase bisogna accertare se i risultati della simulazione corrispondono con i fatti della realtà, cioè se la simulazione riesce a riprodurre nel dettaglio i dati empirici e se riesce a fare predizioni su fatti empirici ancora non noti.

Le simulazioni risultano utili allo scienziato anche prima di formulare la teoria, infatti questo strumento tende a valorizzare un metodo che viene utilizzato solo marginalmente ma valido in tutti i campi di ricerca, e cioè lo strumento degli esperimenti mentali.

Un esperimento mentale è un esperimento non condotto realmente, ma solo immaginato, quindi durante questo esperimento non si osserva e tanto meno si manipola la realtà.

Sia in un esperimento reale, che in un esperimento mentale, lo scienziato mette alla prova le sue idee e le sue teorie sulla realtà ma mentre nell'esperimento reale lo scienziato si basa sulla osservazione della realtà,

sulla manipolazione fisica di cose e sulle conseguenze osservate di queste manipolazioni, in un esperimento mentale tradizionale lo scienziato si limita a immaginare cosa accadrebbe nella realtà se si manipolassero determinate cose e quindi lo scienziato immagina i risultati della manipolazioni delle cose.

Con l'ausilio dei computer i ragionamenti dello scienziato possono essere automatizzati, facilitando così la formulazione della teoria.

In un laboratorio non possono essere studiati fenomeni e entità troppo grandi come una società o un'impresa, fenomeni che durano troppo nel tempo come un ciclo economico o che sono successi in passato come la rivoluzione industriale. Inoltre in laboratorio non possono essere manipolati oggetti o esseri viventi a piacere per ragioni etiche o perché non esistono più come ad esempio le razze animali che con il passare dei secoli si sono estinte, si pensi ad esempio ai dinosauri.

Tutti questi fenomeni invece possono essere simulati.

In effetti, l'impossibilità per le scienze dell'uomo di usare il laboratorio sperimentale così come fanno le scienze della natura è una causa della loro debolezza rispetto alle scienze della natura.

Una simulazione funziona come un laboratorio sperimentale perché le teorie sono incorporate nel programma del computer e i dati empirici emergono quando il programma "gira" nel computer. In questo laboratorio virtuale, come nel laboratorio reale, lo scienziato, osserva i fenomeni simulati in condizioni controllate, manipola le variabili e osserva gli effetti delle sue manipolazioni. La verifica ultima di una simulazione è che i dati empirici così come emergono nella simulazione corrispondano ai dati empirici così come si osservano nella realtà.

Un calcolatore può essere usato come un ambiente di sperimentazione tramite il quale si può studiare un fenomeno complesso e si può verificare il suo comportamento in base ai valori assunti dai parametri che lo caratterizzano. Il computer ha quindi creato un nuovo modo di fare scienza a metà strada tra teoria matematica e l'esperimento di laboratorio.

4.2.4 I problemi delle simulazioni

Nel paragrafo precedente abbiamo illustrato i vantaggi delle simulazioni, ovviamente questo utilissimo strumento a disposizione degli scienziati non ha soltanto vantaggi.

Infatti l'adozione del metodo di ricerca della simulazione è in grado di apportare, nella comprensione del reale, una maggiore conoscenza ma come ogni metodo di ricerca anch'essa presenta limiti e svantaggi che sono stati esaminati in modo approfondito dalla comunità scientifica.

Le principali critiche volte a sfavore della simulazione possono così essere riassunte:

- si ritiene che costruendo il modello di simulazione si facciano eccessive semplificazioni della realtà;
- simulando vengono riprodotti semplicemente dei fenomeni reali e quindi non si spiega nulla di nuovo;
- non è possibile simulare (ricostruire) una realtà che non si conosce ancora bene;
- le simulazioni si presentano come una scatola nera che riproduce un fenomeno senza spiegarlo in maniera esplicita.

Questi sono dei rischi e le critiche ai quali il ricercatore-simulatore si espone maggiormente. Tutto questo può essere evitato grazie all'ausilio di un rigoroso metodo scientifico nella preparazione degli esperimenti condotti con le simulazioni.

Il rischio maggiore delle simulazioni è lo scarso peso attribuito al ruolo della verifica esterna delle teorie, spesso subordinata alla ricerca di forme di coerenza interna tra formulazioni teoriche e predizioni empiriche che da essa dovrebbero derivare. Superato il momento critico della verifica interna, si rischia di trascurare la verifica da dove si trae l'effettiva

corrispondenza dei risultati della simulazione alla realtà empirica, chiudendo il circolo del processo cognitivo.

Portando alle estreme conseguenze il ragionamento, il rischio diventa quello prospettato da Pryor (2000) in un lavoro auto-ironico, in cui un autore sconosciuto nel 2028, dopo la caduta di un asteroide sulla terra, ritrova un libro sulla complessità degli anni 90. Dopo una attenta lettura, l'autore catalogherà il ritrovato come un tipico libro sull'argomento di anni in cui quasi tutti i lavori non contengono applicazioni empiriche reali, a parte qualche interessante aneddoto.