

L'approssimazione minima del reale

L'evoluzione dei sistemi e delle strutture che costituiscono la società viene spiegata dalla saggezza tradizionale mediante schemi e strumenti che forniscono spiegazioni solo parziali e spesso fuorvianti. La tesi che espongo qui si compone di tre parti:

A. processi complessi che implicano molti settori della società e un alto numero di elementi non possono essere schematizzati mediante teorie generali che in effetti descrivono solo meccanismi semplicistici

B. occorre applicare strumenti analitici moderni e complessi, ma il loro impiego deve essere integrato da rigorosi criteri di validazione, da analisi della propagazione degli errori e da altri metodi per assicurare che l'applicazione sia significativa

C. quando non è possibile applicare teorie generali né strumenti analitici, l'intuizione di storici e di esperti può ancora fornire insight e previsioni significative che non possono essere validate, ma possono solo essere dimostrate corrette nel corso degli eventi.

Un esempio dell'approccio tradizionale all'analisi dell'innovazione è fornito dalle *Riflessioni sulla Fine di un'Era* di Daniel Bell. Provo a riassumere gli argomenti di Bell:

1. Le sostituzioni e innovazioni tecnologiche sarebbero motivate dalla ricerca del profitto

2. L'evoluzione delle scelte economiche è motivata dai prezzi che rappresentano segnali operanti sul mercato

3. L'evoluzione culturale conserverebbe certi valori costanti di spiritualità attraverso le ere, ma sarebbe soggetta agli imprevedibili effetti dell'invenzione creativa (letteraria, artistica, futurologica, relativa a utopie)

4. L'evoluzione politica avverrebbe in conseguenza di consensi raggiunti o di conflitti che conducono a rivoluzioni. La motivazione dei cambiamenti politici sarebbe da cercare nella evoluzione di nuove teorie politiche (come quelle che hanno condotto a una diffusione della partecipazione democratica) che giungono a modificare la cultura e i valori di una società e, quindi, ad accettare nuove tecnologie e nuove strutture, creando, quindi, problemi nuovi - come quelli della disoccupazione crescente dovuta all'automazione

Io sostengo che non basta presentare plausibili sequenze di causalità, anche se corroborate da raccolte di dati quantitativi ben scelti. Sono necessarie, invece, spiegazioni razionali di meccanismi causa-effetto che permettano di prevedere eventi socioeconomici cruciali futuri: obiettivo estremamente arduo.

Consideriamo, ad esempio, la plausibile spiegazione dei cicli economici lunghi proposta da Gerhard Mensch [*Das technologische Patt*, Umschau 1975]: nei periodi di boom l'industria trova più vantaggioso sfruttare le economie di scala e l'allargamento dei mercati piuttosto che applicare invenzioni nuove; le invenzioni scientifiche procedono a ritmo costante, ma le innovazioni pratiche rallentano durante i boom mentre i produttori si limitano a

introdurre innovazioni superficiali (*Schein-innovationen*); quindi la globalizzazione dei mercati porta a una competizione sempre più dura, a prezzi più bassi e a ritorni calanti; in conseguenza si arriva alla recessione e infine alla depressione; quando è giunta al punto più basso della depressione, l'industria ricerca le invenzioni nuove prodotte nei decenni precedenti: comincia una ripresa che gradualmente conduce a un nuovo boom. Tutto questo processo dovrebbe occupare mezzo secolo. Questa schematizzazione sembra ragionevole: nel 1975 ci saremmo potuto attendere una depressione mondiale mezzo secolo dopo quella del 1930; ma la fede nei cicli di 50 anni di Kondratiev è ingiustificata nel 1997, sebbene certo non possiamo escludere che una nuova depressione mondiale sia in agguato nel nostro avvenire.

I fattori chiave

In generale la mancanza più notevole delle analisi socio-economiche è costituita dall'attenzione troppo scarsa prestata: a difetti di progetti e pianificazioni, dovuti alla mancanza di dati rilevanti e di conoscenza dei meccanismi dell'innovazione che stiamo discutendo qui; all'imperfezione delle azioni di implementazione delle politiche; ai contrasti fra gruppi economici, civici, politici e ideologici motivati da ragioni tradizionali o da conflitti di potere; alle conseguenti difficoltà nelle azioni di controllo - già viziate da resistenze passive e inibite dai contrasti di cui sopra.

Le intenzioni di pianificatori e politici non riescono a produrre i risultati voluti anche a causa della conoscenza rudimentale che abbiamo degli impatti mutui fra società, tecnologia e ambiente e dei processi attraverso i quali grandi masse di persone si renderanno conto (o non



Innovazione tecnologica e sociale, meccanismi e metodi di previsione

di ROBERTO VACCA*

si renderanno conto) delle nuove tendenze che si manifestano e reagiranno (o non reagiranno) ad esse e alle nuove idee che appaiono producendo vari gradi di consenso.

L'evoluzione degli stati-nazione e delle grandi entità politiche (imperi continentali come USA, l'ex URSS e l'Unione Europea) viene analizzata spesso assumendo che queste grandi strutture abbiano centri unitari di analisi, di decisione e di azione. Personalizzare nazioni, imperi o aziende è solo una finzione metaforica: essi sono soggetti a forze contrastanti e agli effetti di fattori casuali o stocastici di difficile previsione.

I rendimenti: energetici, economici, sociali, umani

I problemi dell'interazione fra cultura, economia, tecnologia, società non possono prescindere dall'analisi dei rendimenti. È facile analizzare i rendimenti energetici (rendimenti termodinamici di macchine) e quelli economici (ritorno di investimenti, ad esempio). In economia, però, le misure dirette sono spesso impossibili ed è necessario ricorrere a valutazioni induttive, rozze e semplificatrici, come quelle usate per definire una variabile composita come il PIL. È poi molto arduo o impossibile valutare i rendimenti nell'uso delle risorse umane o nella desiderabilità dei risultati prodotti. Definire forzatamente valori nazionali o continentali costituirebbe un deprecabile ritorno al totalitarismo e all'oppressione.

È possibile in ogni caso individuare attività che hanno assorbito un numero enorme di uomini, mentre il loro risultato è stato nullo o negativo: dunque una distruzione di ricchezza, di risorse, di vite, accompagnata a un degrado di livelli di servizio e di ogni indicatore usato per misurare la qualità della vita.

Queste imprese disastrose - che possono dare l'impressione di essere state progettate proprio allo scopo di bloccare o far retrocedere ogni possibile innovazione positiva -, rappresentano probabilmente il risultato di meccanismi complessi e mal noti, che sembrano costituire una caratteristica ricorrente dei gruppi umani di grandi dimensioni. Queste attività in ultima analisi non portano beneficio duraturo ad alcuno - eppure la storia ne è piena.

Possiamo includere nella lista: le guerre di religione (dalle Crociate alla Jihad), le guerre totalitarie (Germania nazista e Iraq - in una versione moderna e inefficiente), il



terrorismo senza costrutto né speranza (le Brigate Rosse in Italia, la Rote Armee Fraktion in Germania), il fondamentalismo islamico (Iran, Algeria), la guerra civile (Iugoslavia).

A parte questi tragici esempi, ne esistono molti altri di grandi imprese - mirate al profitto - che hanno assorbito grandi quantità di capitali, di risorse naturali ed umane - di nuovo senza risultato, così che il loro rendimento deve essere ritenuto uguale a zero. Fra queste citiamo grandi stabilimenti che non sono mai entrati in produzione a causa di fattori imprevedibili o di contrarietà di vario tipo.

Sono notevoli i casi di grandi centrali termonucleari che non hanno prodotto mai nemmeno un kilowattora. A Shoreham, (Long Island, N.Y.) una centrale nucleare da 840 MW fu costruita assicurando i più stringenti standard di sicurezza dalla LILCO (Long Island Lighting Company) che scoprì troppo tardi, più di un decennio dopo l'inizio dei lavori, che lo Stato di New York non avrebbe mai approvato i piani di evacuazione dell'area in caso di grave incidente: anche in questo caso la centrale (che era costata 6,5G\$) non produsse mai energia e la LILCO la vendette allo Stato di New York per un dollaro. Lo Stato dovrà spendere circa due miliardi di dollari per il decommissioning. A Montalto di Castro fu progettata e costruita a metà una centrale nucleare, poi le opposizioni ambientaliste riuscirono a farla riprogettare come termoelettrica, poi forzarono una nuova variazione da petrolio e gas naturale e infine la costruzione fu interrotta del tutto. Il costo fu di 21 TL (21.000 miliardi di lire). Quest'ultimo caso esemplifica la bassa efficienza che si realizza in un paese in cui un vasto movimento di innovazione politica, mirato anche a eliminare la corruzione, è stato bloccato in larga misura e si limita ora a dibattiti formali, mentre nessun gruppo politico nemmeno

menziona l'assenza di una politica industriale ed energetica, quella di possibili piani per rilanciare l'istruzione superiore, né le tristi condizioni della ricerca e dello sviluppo pubblico e privato.

Evitare imprese più o meno tragiche a rendimento zero o negativo dovrebbe essere un obiettivo condiviso da tutti. Fra le tante possibili strutture socioculturali alcune tendono a produrre stabilità e innovazione, altre producono bassi rendimenti, conflitti gratuiti, involuzione.

È ragionevole pensare che alti rendimenti sociali possano essere conseguiti solo mirando ad una acquisizione generalizzata di alti livelli e motivazioni culturali. Se questi continueranno ad essere privilegio esclusivo di élite minoritarie, diverranno irrilevanti. Gran parte delle innovazioni socio-economiche future plausibili è destinata al fallimento, se continueranno a mancare piani espliciti per offrire al pubblico libere scelte e compartecipazioni alla cultura.

I meccanismi dello sviluppo

Pretese leggi dello sviluppo demografico, economico o socioeconomico sono state proposte da molti autori negli ultimi due secoli. Alcune di esse descrivevano adeguatamente i dati registrati in certi intervalli di tempo, però raramente venivano suggeriti meccanismi razionali che giustificassero le relazioni quantitative espresse da quelle leggi.

La *fallacia esponenziale* fu presa sul serio da parecchia gente, sebbene sarebbe dovuto essere ovvio che nessun processo di sviluppo può essere descritto mediante un'esponenziale sui tempi lunghi.

Le *equazioni di Volterra-Verhulst* occasionalmente prevedono con accuratezza incredibile lo sviluppo di popolazioni, la diffusione di epidemie e la crescita di popolazioni o parchi di artefatti umani. Dato che le equazioni contengono termini esponenziali, si devono maneggiare con precauzione applicando procedure matematiche sofisticate per accertarsi che le serie storiche da cui si parte non siano affette da rumore eccessivo e che esse possano davvero essere interpretate in un modo solo e siano destinate a raggiungere un asintoto ben definito. Anche con queste precauzioni forniscono talora proiezioni fuorvianti.

Varie teorie su cicli ricorrenti sono state proposte per spiegare e prevedere i ben noti alti e bassi dell'economia. Nel 1860 C. Juglar sostenne

che le crisi commerciali si presentano ogni 7 - 9 anni. J. Kitchin negli anni Venti suggerì cicli economici più brevi di 40 mesi. Come i cicli cinquantennali immaginati da Kondratiev e già menzionati, queste pretese regolarità sono di scarso aiuto nella previsione.

I modelli basati sulla dinamica dei sistemi elaborati da Jay Forrester alla fine degli anni Sessanta, rappresentano un approccio interessante alla analisi delle dinamiche industriali, urbane e mondiali. Essi sono alla base del famoso studio noto come *I Limiti dello Sviluppo*. In questi modelli vengono costruite equazioni alle differenze finite che esprimono le variazioni di livelli (ad esempio: popolazione, capitali investiti, terre arabili, riserve di risorse naturali, etc.) in funzione dei valori di flussi (ad es.: tassi di natalità e mortalità, produzione industriale e agricola, inquinamento, etc.) - che a loro volta sono influenzati da livelli. È uno strumento utile per dedurre le conseguenze di certe politiche e per rappresentarle graficamente. Tuttavia ha impieghi limitati per formulare previsioni poiché le relazioni causali: livelli/flussi/livelli vengono costruite in modo largamente empirico. Ogni volta si cerca di modificare gli algoritmi del modello in modo che rispecchino fedelmente la storia passata, ma, di nuovo, le proiezioni ottenute possono essere fuorvianti a causa della bassa qualità dei dati disponibili.

Le previsioni qualitative basate sul senso comune - e anche su ben fondate expertise e conoscenza dei fatti - possono conseguire occasionalmente successi notevoli e straordinariamente accurati - spesso a causa del fatto che sono le sole a essere citate, mentre quelle sbagliate non vengono citate e sono presto dimenticate. Posso citare la previsione che feci io stesso nel 1980 anticipando il crollo dell'URSS - semplicemente in base al ragionamento che il dissenso polacco si sarebbe esteso per tutta l'Europa orientale, dato che non era stato soffocato nel sangue come quello ungherese del 1956 e come la Primavera di Praga nel 1968 [*Come si estese alla Russia il dissenso polacco di Agosto*, Il Giornale d'Italia Agosto 29, 1980].

Attualmente leggiamo e ascoltiamo varie previsioni qualitative plausibili (positive e negative) le quali anticipano che: le auto con motore a combustione interna tenderanno a sparire e saranno sostituite da veicoli ad emissione zero;



Modello di auto elettrica progettata nel 1955

i treni a levitazione magnetica entreranno in concorrenza con il trasporto aereo;

le celle fotovoltaiche produrranno notevoli quantità di energia a basso prezzo;

i paesi occidentali che non investiranno risorse economiche ed umane nell'istruzione, nella ricerca e nello sviluppo scivoleranno nell'arretratezza e saranno superate da paesi emergenti (specie Asiatici);

una guerra nucleare potrà essere scatenata da organizzazioni terroristiche che hanno rubato armi sovietiche o da stati impazziti che le hanno ereditate o che sono riusciti a produrre bombe termonucleari rudimentali insieme ai vettori per lanciarle.

Le previsioni sono molto difficili specialmente se riguardano eventi futuri, come disse una volta Niels Bohr. Recentemente coi miei collaboratori proposi alla Commissione Europea uno studio su modelli matematici di città. Dicemmo candidamente che i modelli non funzionano in modo perfetto: quindi, ne proponemmo quattro [basati su: dinamica dei sistemi, equazioni logistiche, matrici input/output, analisi di celle geografiche]. Ottenemmo il contratto che ha fornito risultati interessanti - non profezie.

La progettazione dell'avvenire fatta ricorrendo a previsioni prescrittive può apparire desiderabile, ma dobbiamo ricordare che ci saranno sempre gruppi umani che tendono a prescrivere politiche e obiettivi del tutto differenti dai nostri - alcuni dei quali ci possono sembrare estremamente indesiderabili.

Lo stesso concetto di previsione prescrittiva presuppone che i prescrittori posseggano anche la competenza e il potere per realizzare i loro piani, ma non è sempre così.

Una certa misura di consenso ex ante o ex post è certamente necessaria. La definizione delle scelte di valori da considerare positive potrà

trovare consensi abbastanza generali fra gli accademici occidentali. È necessario, però, introdurre idee nuove. Non è possibile compiere scelte intelligenti ed etiche, se restiamo attaccati alla morale tradizionale che giustifica le azioni solamente in base alle intenzioni.

Per esempio molte campagne condotte dai verdi hanno di certo motivazioni nobili, ma sono basate su informazioni e conoscenze così scadenti che il loro effetto netto è quello di peggiorare lo stato dell'ambiente. Similmente erano umanitarie e ragionevoli le motivazioni che condussero in origine a concepire il welfare state e a implementarlo empiricamente in certa misura in alcuni paesi; tuttavia le regole e i sistemi di finanziamento adottati sono stati talora tanto squilibrati da creare oneri finanziari insostenibili su società che si sono avviate alla bancarotta.

Abbiamo bisogno di una nuova etica basata sui risultati - non sulle intenzioni: ma per pianificare il raggiungimento di risultati positivi occorre avere una buona conoscenza del mondo e una notevole abilità di prevedere le conseguenze delle nostre azioni individuali o collettive. Abbiamo bisogno di una nuova etica della cooperazione e, di nuovo, questa potrà essere accettata da larghi strati della popolazione solo sulla base di una massiccia diffusione di cultura. Non si tratta solo delle due culture delle scienze umane e della scienza/tecnologia, ma anche delle culture dell'informatica, dell'economia, della psicologia, della biotecnologia - che devono essere tutte integrate fra loro in una misura che dipende dall'abilità e dall'esperienza di ciascuno.

È toccato agli esseri umani prendere decisioni in condizioni di incertezza fin dall'inizio della loro presenza sul pianeta. In conseguenza sostengo che ogni progetto di ricostruzione o di sviluppo socio-economico e culturale fallirà sul lungo termine se non comprende piani massicci per la diffusione di cultura/conoscenza a tutti i livelli impiegando tutti i mezzi di comunicazione di massa, e anche piani per riorganizzare i controlli sociali che continueranno necessariamente a essere imperfetti, ma che sono indispensabili e che possono essere migliorati per approssimazioni successive.

* - matematico e scrittore, esperto di modelli di previsione del futuro