

TELECOM ITALIA

FUTURE CENTRE



Ciclo di incontri

“Gli ECOSISTEMI”

La biosfera

I piccoli mondi

Rappresentare un ecosistema

Evoluzione darwiniana e sistemi produttivi

Complesso significa impenetrabile?

È ormai chiaro, come la complessità sia un elemento imprescindibile degli ecosistemi. In alcuni casi la complessità ha indotto per lungo tempo a considerare casuale il modo di “vivere” e di evolvere dell’ecosistema stesso e, come tale, assolutamente imprevedibile. Negli incontri precedenti abbiamo visto come molti ecosistemi, quello naturale, quello sociale, quello del web si comportano in un modo che risulta rappresentabile con modelli matematici.

Come abbiamo visto nella “puntata” precedente, la scoperta di questi modelli e anche le tecniche utilizzate sono relativamente recenti; addirittura si sta lavorando molto per affinare questi approcci.

Creare un modello significa rappresentare quello che si vuole osservare semplificando quegli aspetti che sono irrilevanti (ad esempio se mi interessa studiare come un’auto si comporta in curva creo un modello in cui non vado a rappresentare le modanature sulle portiere in quanto queste sono del tutto ininfluenti nello studio che voglio fare). La semplificazione è fondamentale in quanto permette di ridurre la complessità e aiuta a focalizzarsi su ciò che veramente è di interesse.

Einstein diceva che occorre semplificare ma non si può esagerare: se si semplifica troppo si ottiene una cosa diversa, il cui studio sarebbe del tutto irrilevante e non applicabile all’oggetto da cui si è partiti.

La rappresentazione fino a cinquanta anni fa era destinata all’uomo. Il modello è quello che troviamo sulle pitture rupestri risalenti a 10.000 anni fa e che consideriamo una testimonianza del fatto che a quell’epoca esisteva un uomo come noi, in grado di astrarre concetti dalla realtà, rappresentarli e renderli comprensibili ad altri. Nel tempo,

con il miglioramento delle tecnologie di rappresentazione e della capacità scientifica di creare astrazioni ed elaborarle, si sono creati modelli sempre più sofisticati (cioè in grado di cogliere tutti gli aspetti di interesse) e si è riusciti ad applicarli a contesti molto diversi. Ad esempio, è una conquista recente la capacità di creare modelli dell'atmosfera tramite cui elaborare previsioni meteo.

Fino a cinquanta anni fa era l'uomo che attraverso il modello rappresentato si metteva a studiarne le caratteristiche. In questi ultimi cinquant'anni i modelli, e le loro rappresentazioni, sono sempre più dedicati ai computer. Lo studio viene effettuato tramite questi che poi si fanno carico di creare essi stessi un modello per farci capire i risultati ottenuti. Questo ha permesso di affrontare problemi al di fuori della portata umana, ma ha anche generato non pochi dubbi sulla validità dell'approccio.

Alcuni studiosi ancora oggi si rifiutano di accettare la dimostrazione che uno spazio piano, comunque suddiviso, sia sempre colorabile tramite quattro colori in modo tale che non vi siano mai due stessi colori che si trovino a confinare su di una linea. Questo è un problema che ha occupato molti matematici negli ultimi 200 anni e che è stato risolto tramite un computer.

I modelli

Parlando di modelli ci possono venire in mente un'infinità di cose. Se parlo con un bambino lui pensa magari ad un modellino di aereo o di automobile, se parlo con una donna pensa al modello di sartoria, se parlo con un matematico pensa ad un insieme di equazioni.

Sono cose estremamente diverse tra loro, ma che hanno una caratteristica comune: sono tutte "esempi" che riproducono alcuni aspetti dell'originale in modo strumentale al fine per cui il modello è stato creato.

Un esempio può sicuramente aiutare a capire la filosofia che sta alla base dell'utilizzo dei modelli: per molti anni sono stati utilizzati

modelli fisici di barche al fine di valutare quale fosse l'assetto che ne determinava la più bassa resistenza al movimento in acqua. I modelli utilizzati contenevano chiaramente tutti i dettagli necessari alla risoluzione di quel problema, ma non contenevano, ad esempio, particolari non rilevanti a quel fine quali la strumentazione di bordo, le cabine, etc. Spesso erano dei "modellini", delle barche mignon il cui comportamento veniva verificato in vasche piuttosto che nel mare.

Certo non interessa sapere di che colore sono le pareti delle cabine per valutare la stabilità della barca.

Senza voler ricorrere a definizioni "scientifiche" possiamo dire che un modello è un'immagine semplificata della realtà per la risoluzione e spiegazione di problemi o fenomeni presenti nell'originale.

Un modello ovviamente non contiene mai tutte le sfaccettature del problema reale... se le avesse non si tratterebbe più di un modello, ma di una copia esatta del fenomeno/oggetto che si vuole rappresentare.

Il modello dunque contiene soltanto le caratteristiche fondamentali ed essenziali del problema che necessita di essere risolto o descritto, semplificandolo pur mantenendone inalterata la struttura.

La parola magica che permette di attribuire ad una rappresentazione la "dignità" di modello è "isomorfismo". Non è il caso di addentrarci in definizioni scientifiche della parola isomorfismo. Potrebbe bastare qualche esempio. Direttamente da wikipedia:

- Un cubo compatto composto da legno e un cubo compatto composto da piombo sono entrambi cubi compatti; anche se il loro materiale è differente, le loro strutture geometriche sono isomorfe.
- Un normale mazzo di 52 carte da gioco con dorso verde e un normale mazzo di carte con dorso marrone: anche se il colore del dorso è differente, i mazzi sono strutturalmente isomorfi. Le regole per un gioco con 52 carte o l'andamento di una partita di un tale gioco sono indifferenti, indipendentemente dal mazzo che scegliamo.
- La Torre dell'Orologio di Londra e un orologio da polso: anche se gli orologi variano molto in dimensione, i loro meccanismi di calcolo del tempo sono isomorfi.

Guardiamo ad un “esperto” di modelli

Dopo tutto questo “straparlare” di isomorfismi si ha il diritto di preoccuparsi e chiedersi se questa rappresentazione per modelli faccia al caso nostro. È bene allora iniziare subito a parlare di chi vive tutti i giorni solo ed esclusivamente di modelli: il nostro cervello, e quindi noi.

L'insieme delle informazioni che vengono raccolte dai nostri sensi viene trasportato tramite i nervi al cervello. Questo trasporto termina in zone diverse del cervello a seconda di quali siano le informazioni. Alcune informazioni (che interpretiamo come dolore) vengono intercettate già a livello spinale e attivano una reazione immediata: BRUCIA! Sposta la mano. Anche queste informazioni proseguono comunque verso il cervello che effettua una prima operazione: capire da dove arrivano. Il nostro cervello ha una mappa di noi stessi. Spesso non ce ne rendiamo conto ma questa è fondamentale per la maggioranza di azioni che facciamo. Provate a toccarvi la punta del naso ad occhi chiusi. Non è un problema anche se non vedete nulla. Il cervello ha il modello del nostro corpo e comanda i muscoli in modo opportuno. Chi ha subito un trauma al cervello o un ictus che abbia menomato la struttura che conosce questa mappa riesce a camminare solo se si guarda i piedi, a prendere un oggetto solo se si guarda le mani. Esiste una patologia in cui le persone colpite non riconoscono più il loro corpo.

È interessante notare come il nostro cervello costruisca modelli per tutto. Anche per le facce dei nostri amici. In questo modo è in grado di riconoscere Mario anche se si è tagliato la barba, cosa che non sarebbe possibile se al posto del modello il cervello ricordasse esattamente l'immagine della faccia di Mario.

Queste caratteristiche sono comuni a tutti gli animali dotati di un sistema nervoso (non vale ad esempio per i batteri). Negli animali superiori, come cani, scimmie, delfini, il cervello costruisce modelli di modelli, astrazioni sempre più sofisticate. Su queste astrazioni si basa ad esempio il linguaggio, la comprensione della scrittura.

Il giocare a palla presuppone la capacità di costruire e elaborare modelli. Se tiro un calcio dove andrà a finire il pallone? Quanto in alto devo saltare per colpire di testa quel pallone? Spesso il modello non funziona. A volte perché lo abbiamo elaborato male, ad esempio siamo stati ingannati da un'ombra, spesso perché il modello non rispecchia la realtà. Ad esempio il vento fa variare la traiettoria del pallone e non riesco a colpirlo. Il mio modello non teneva conto dell'effetto del vento.

La nostra vita si svolge in un ecosistema estremamente complesso e la capacità di sopravvivere dipende dalla capacità di costruire ed elaborare modelli.

Nel tempo l'uomo ha cercato di trasferire questo suo modo di comprendere l'ambiente e di interagire con questo, esternalizzando i modelli in modo prima da dividerli con altri e, molto più recentemente, per affidarli a delle macchine.

Modelli per sistemi complessi

Sembra un gioco di parole ma semplificare è un'operazione che è tanto più difficile quanto più è complessa la realtà da modellare. Lo studio di modelli per gli ecosistemi, che abbiamo visto essere sistemi estremamente complessi, è ben più complicato dello studio dei modelli di navi, e soprattutto non ci si può avvalere di modelli basati su regole precise come nel caso della nave, o come nel caso dei vestiti.

Il motivo sta non solo nell'elevato numero di variabili da considerare e dalle differenti tipologie di relazioni che esistono tra le variabili, ma soprattutto nel fatto che non sono animati da una logica di tipo sequenziale ma circolare.

Il problema non è "solo" tecnico: ci sono troppe variabili in gioco, più di quante si riesca a controllare. È un problema di fondo, come ha scoperto Heisenberg. "Dio non gioca a dadi" sosteneva a piena voce Einstein che dei modelli concettuali era maestro. Invece, così dimostra la fisica quantistica, in natura, a livello delle particelle elementari, acca-

dono cose che, pur essendo deterministiche e completamente rappresentate nel modello quantistico, restano indeterminate fino a che qualcuno non le osservi. Si noti che Leibniz e Newton sostenevano che se si era in grado di conoscere le condizioni iniziali di un sistema fisico si sarebbe potuto determinare in modo certo l'evoluzione di quel sistema. La fisica del '900 non invalida questa affermazione. Molto semplicemente afferma (e le sperimentazioni lo dimostrano) che non è possibile neppure a livello concettuale conoscere tutte le condizioni iniziali di un sistema, sia pur semplice come un atomo di idrogeno. Ritroviamo questa "casualità" anche a livello degli ecosistemi, siano questi biologici o artificiali, come ad esempio i sistemi economici.

Detto questo sappiamo bene che se diamo un colpo ad un bicchiere pieno di Coca Cola è certo che troveremo Coca Cola sparsa ovunque sul pavimento. Non saremo in grado di prevedere dove esattamente un certo atomo di Coca Cola vada a finire ma potremo descrivere con buona accuratezza le zone che verranno innaffiate e quelle che resteranno asciutte. Tra queste due ne esisteranno altre a cui potremo assegnare vari livelli di probabilità.

Nella vita di tutti i giorni questo è più che sufficiente. Quello che ci serve sono modelli che riescano a farci comprendere fenomeni che non sono intrinsecamente deterministici.

Nello studio dell'evoluzione di ecosistemi, in genere, quello che si cerca di fare è di rappresentarli in termini di interazioni tra i diversi elementi che li compongono associando a ciascun elemento un proprio modello di comportamento.

Il modello di comportamento deve però includere l'influenza che ciascun altro elemento ha con ogni altro quando sono presenti quegli elementi e non altri. In pratica, stiamo dicendo che la reciprocità e la contemporaneità dell'interagire di tutti gli elementi, porta a comportamenti molto diversi da quelli che si avrebbero se gli elementi interagissero a coppie e sequenzialmente. Questo è alla base della imprevedibilità e della difficoltà che abbiamo nel modellare i comportamenti col-

lettivi, frutto di una auto-organizzazione di tutti gli elementi che vi partecipano. Abbiamo così effetti come la “ola”, l’intesa immediata del gioco di squadra, oppure effetti catastrofici del tipo “effetto branco”.

Questo modo di approcciare la modellazione di ecosistemi ha portato a sviluppare rappresentazioni dell’ecosistema che si basano sul concetto di rete in cui i nodi sono gli elementi dell’ecosistema e i legami tra i nodi sono le interazioni che questi possono avere l’uno con l’altro. Ma non solo, si fa uso anche della rappresentazione inversa dove i legami tra gli elementi dell’ecosistema diventano ora i soggetti o nodi del sistema e, invece, gli elementi dell’ecosistema rappresentano i link che tengono insieme la struttura dei nodi.

È interessante notare che il comportamento dei nodi spesso può essere rappresentato in modo efficace sulla base delle interazioni che questi hanno: non mi interessa sapere quanto veloce potrebbe andare una macchina ma solo vedere come si muove a fronte di una certa pressione dell’acceleratore, della pendenza della strada e del carico. Non sempre questo è sufficiente (uno psicologo forse è più interessato a cosa succede dentro la testa di una persona che non a come questa reagisce a certi stimoli) ma quando questo vale, il numero dei nodi e le interazioni tra i nodi definiscono il comportamento globale del sistema. Anche la topologia della rete, la sua forma, acquista una forte importanza ai fini del comportamento globale.

La rappresentazione più nota di una rete è quella che viene fatta disegnando dei punti (nodi) e delle linee che li collegano (archi). In matematica gli oggetti che ne risultano prendono il nome di grafi e si parla allora di teoria dei grafi, già accennata nel capitolo precedente.

Un grafo, dal punto di vista matematico, viene descritto da una matrice che abbia i nodi come elementi di riga o di colonna e all’incrocio tra due nodi contenga un valore 0 se i due nodi non sono connessi e un valore diverso da zero se sono connessi.

Per ricostruire nel modello le relazioni esistenti nella rete reale si può ricorrere a modelli matematici che siano in grado di gestire sia

l'elevato numero di variabili sia l'elevato numero di dati che definiscono le relazioni tra le variabili.

Le relazioni e i processi che da queste derivano sono rappresentabili utilizzando svariate tecniche matematiche. Esse esprimono la relazione tra le variabili del sistema e le variabili esterne che possono influenzarlo. Si noti come a volte sia necessario inventare delle nuove tecniche per riuscire a modellare un sistema. Ad esempio, per la teoria della relatività, Einstein ha dovuto far uso di una nuova tecnica matematica mai usata prima di allora (che a sua insaputa era stata già inventata qualche decennio prima da un matematico italiano), il calcolo tensoriale.

Nel nostro caso le tecniche utilizzate ricadono in due categorie: la teoria dei Gruppi e la teoria delle equazioni differenziali. Qui non vogliamo addentrarci nei misteri della matematica ma possiamo cercare di capire a cosa possano servire queste due teorie. La prima ci è molto familiare. Quando vi allacciate una scarpa costruite un gruppo: effettuate cioè un insieme di operazioni in sequenza che trasformano la "geometria" dei lacci. Un insieme di persone che operano su di un progetto viene in genere chiamato gruppo. Questo corrisponde al significato matematico di "gruppo": elementi facenti parte di un insieme che interagiscono sulla base di un certo insieme di regole. L'insieme è statico, l'elenco dei suoi componenti non ci dice nulla sulle loro possibili interazioni.

Il gruppo, invece, esprime come quegli elementi interagiscano tra loro. Questa spiegazione è sufficiente al caso nostro. Non sarebbe sufficiente, però, per affrontare un esame di algebra all'università. La seconda teoria di cui abbiamo bisogno è quella delle equazioni differenziali.

Certo ricorderete il paradosso di Zenone che con logica ferrea dimostrava come Achille non potesse raggiungere la tartaruga se questa partiva con un vantaggio piccolo a piacere. Se questa, supponiamo, ha un vantaggio di un metro, così argomentava Zenone, Achille

per raggiungerla, dovrà percorrere quel metro e per quanto sia veloce impiegherà un certo tempo. In questo tempo la tartaruga, per lenta che sia, percorrerà un piccolo spazio per cui, quando Achille sarà arrivato nel punto in cui stava prima la tartaruga, questa sarà già più avanti. Il ragionamento può essere ripetuto all'infinito, ergo Achille non raggiungerà mai la tartaruga. Il fatto che nella realtà non solo Achille ma anche i meno veloci di noi siano in grado di raggiungere e superare senza sforzo la tartaruga, non turbava Zenone che restava fermo sul suo ragionamento. E quel ragionamento era talmente buono che sono occorsi quasi duemila anni per capire come mai non funzionava. A questo hanno provveduto Leibniz e Newton inventando il calcolo differenziale.

Il fatto è che la matematica classica ha due punti in cui incespica: lo zero e l'infinito. Questi in realtà sono due facce della stessa moneta, due punti di discontinuità.

Quando si studia l'evoluzione di un sistema vediamo alcuni elementi discreti (una relazione tra due elementi o c'è o non c'è) ed altri continui (come si evolve una certa relazione). Quando si vogliono studiare i risultati di micro evoluzioni occorre avere gli strumenti che consentano di esaminare queste piccolissime variazioni. I meteorologi sostengono che potrebbe bastare il battito d'ali di una farfalla in Giappone per creare una variazione che, ripercuotendosi su tutto il globo, porterà alla formazione di un uragano nell'Atlantico. Che crediamo o meno a questa affermazione certo è che l'evoluzione di ecosistemi complessi, come la diffusione di una epidemia piuttosto che una variazione del mercato borsistico, deve essere trattata con equazioni differenziali. Differenziali: lo dice il nome. Il punto è studiare cosa succede sulla base di piccole differenze.

Non crediate che il mondo delle equazioni differenziali sia una scoperta dell'uomo moderno (come abbiamo visto le facciamo risalire a Newton e Leibniz). Gli insetti da milioni di anni hanno sviluppato un modo di costruire il modello del mondo che si basa proprio su un

approccio che per un matematico sarebbe tipico del calcolo differenziale. Questo è interessante anche per spiegare sia l'utilità dei modelli sia i loro punti di debolezza.

Le falene, così come moltissimi insetti notturni, si sono evolute sviluppando un sistema di navigazione che utilizza le stelle. La matematica ci insegna (teorema di Talete), e le falene lo fanno bene, che se abbiamo un punto di riferimento all'infinito (diciamo molto molto distante) e vogliamo andare in una certa direzione è sufficiente tenere a vista quel punto e muoversi mantenendo l'angolo costante tra la linea di visuale verso il punto all'infinito (ad esempio la stella) e la direzione voluta.

Questo è quanto fanno le falene per riuscire a mantenere la direzione di notte. Se il punto di riferimento, però, non è all'infinito ma ad una piccola distanza, mantenendo costante l'angolo, si otterrà una direzione che si avvita su se stessa ed il nostro cammino seguirà una spirale che ci porta a sbattere sul punto che abbiamo preso a riferimento. È quanto capita alle falene che in presenza di una luce come di una lampadina elettrica sembrano impazzire e vanno a sbatterci contro.

La falena utilizza correttamente un meccanismo differenziale, cioè ad ogni istante va a vedere l'angolo con il punto luminoso ed aggiusta la sua traiettoria in modo da mantenerlo costante. Siccome però il punto luminoso non è una stella (distantissima) ma una lampadina (vicinissima) ecco che si va a scontrare con questa. Il problema è che le lampadine esistono da un centinaio di anni, il sistema di navigazione della falena basato su un modello differenziale si è sviluppato nel corso di centinaia di milioni di anni.

Vediamo quindi il limite dei modelli. Funzionano, e bene, a patto che le condizioni di partenza siano "giuste".

Lo sviluppo di questi modelli per lo studio dei sistemi complessi si è sviluppato rapidamente negli ultimi venti anni grazie allo sviluppo della tecnologia dei computer, che ha reso "maneggevoli" e di facile soluzione complessi sistemi matematici.

Tuttavia formulare un modello matematico di un sistema dinamico può essere difficile, costoso, o addirittura impossibile.

Il modello può richiedere parecchi sforzi e una conoscenza specialistica all'infuori del dominio di interessi, i dati numerici possono essere difficili da procurare.

Si può, in alternativa, passare ad un approccio qualitativo in cui necessariamente la semplificazione nella rappresentazione del fenomeno passa attraverso un processo di approssimazione.

Approssimare tuttavia non significa togliere validità al ragionamento, al contrario se l'approssimazione è fatta con "buon senso" il risultato che si ottiene è molto più "utilizzabile" di uno che riporti tutti i dettagli possibili, ma inutilizzabile.

Questo perché talvolta raccogliere tutti quei dettagli richiede molto tempo, e allora arrivano in ritardo anche i dettagli utili.



Altre volte la disponibilità di troppe informazioni rende impossibile identificare quelle utili.

Se chiediamo "com'è il tempo" la risposta "Una bassa pressione sta per interessare la zona..." probabilmente non ci soddisfa, forse preferiremmo "è possibile che piova".

Questo, che a tutti sembra buon senso, e che, comunque non tutti hanno, in matematica acquista una sua dignità: prende il nome di logica Fuzzy.

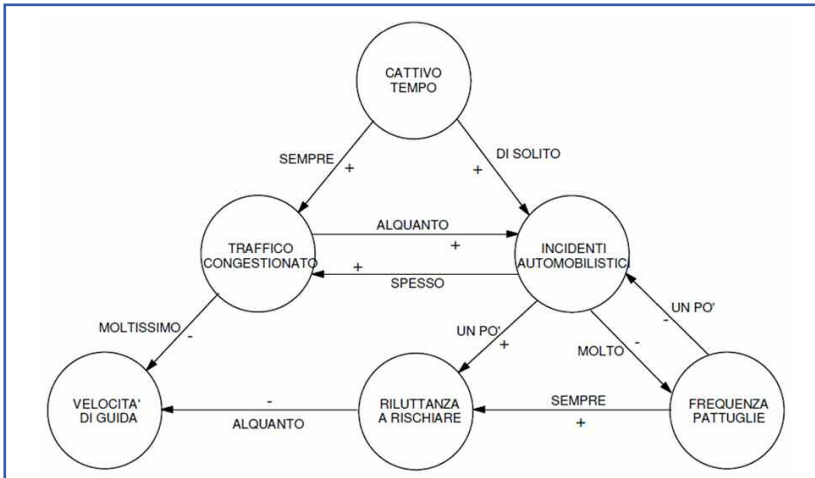
Seguendo questa logica si può perseguire un approccio qualitativo e alternativo nella modellazione dei sistemi dinamici, in cui, identificati gli elementi costitutivi e rappresentati come dei nodi, le relazioni saranno costituite da frecce connotate in modo diverso in funzione del tipo e dell'intensità del legame che quel grafo esprime.

In questo modo si ottiene un'immagine che collega fatti e cose e li elabora in valori, in politiche e in obiettivi. Ciò consente di fare previsioni su come interagiscono e si svolgono eventi complessi.

Ogni evento appartiene o eccita un nodo in una certa misura. Quando un nodo è eccitato emette un flusso causale verso gli altri nodi. Le frecce mostrano il grado con cui i nodi di concetto dipendono gli uni dagli altri. Le frecce possono formare cicli chiusi (retroazione).

Il risultato è un grafo orientato

Le relazioni causali tra i nodi sono espresse da segni positivi e negativi, e differenti pesi.



La modellizzazione della *rete* sottostante un fenomeno può essere di estrema utilità.

È interessante notare come il nostro cervello funzioni sulla base di “circuiti”, connessioni tra neuroni, che operano proprio secondo lo schema appena presentato. Un neurone può caricarsi elettricamente e raggiunta una certa soglia, scaricare il segnale elettrico tramite i suoi dendriti verso altri neuroni. La soglia non è fissa, ma dipende dallo stato elettrico dei neuroni a cui è collegato. In questo modo il singolo neurone è influenzato dal contesto e a sua volta influenza il contesto. Quando la soglia è raggiunta il segnale elettrico va ad attivare i neuroni che sono connessi e il ciclo si ripete. Si noti che esistono due momenti: uno in cui il sistema è in equilibrio (non vi è passaggio di segnali tra i neuroni) e l'altro in cui lo scambio di segnali porta ad una nuova configurazione di sistema. Il sistema non è deterministico. Una stessa sollecitazione può portare a stati diversi.

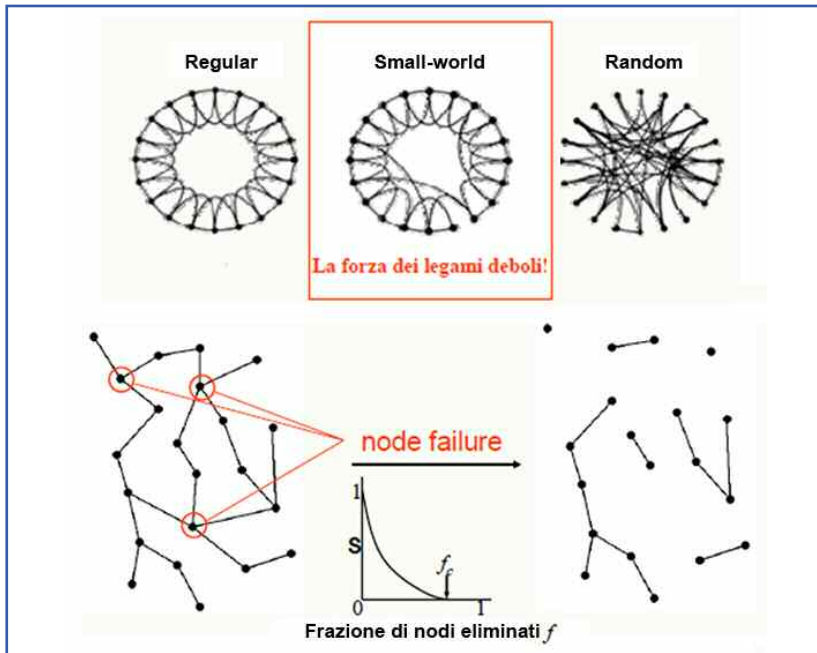
L'insieme delle connessioni tra neuroni (variabile nel tempo) rappresenta la rete e, implicitamente, il modello. Questo significa, ad esempio, che la nostra capacità di elaborare informazioni e comprenderne il significato (la percezione), dipende fortemente da questo modello, cioè da come sono connessi i 100 miliardi di neuroni che abbiamo nel cervello. Ogni neurone è connesso a centinaia di altri neuroni formando una rete il cui stato rappresenta i nostri ricordi, la nostra capacità di comprendere i fenomeni e anche le risposte che diamo a sollecitazioni esterne.

Gli scienziati nel momento in cui hanno iniziato a comprendere il modo in cui il cervello elabora i segnali hanno provato a costruire delle strutture in silicio in grado di duplicare queste modalità elaborative. A differenza di un computer classico il cervello opera per approssimazioni, non in modo deterministico. Alcuni problemi sono meglio trattabili con questo tipo di approccio, ad esempio il riconoscimento di immagini, il riconoscimento del parlato, l'analisi di fenomeni di massa come lo studio della evoluzione di epidemie e anche fenomeni atmosferici.

Per affrontare questo tipo di problemi sono state realizzate le reti neurali il cui nome sottolinea la loro derivazione dai nostri neuroni. Addirittura si è arrivati a creare circuiti ibridi in cui neuroni (di lumaca o di lampreda) sono messi all'interno di un chip di silicio contenente appositi tubicini in cui scorre del liquido per nutrire i neuroni e che sono in grado di effettuare elaborazioni difficilmente realizzabili da un puro chip in silicio. Notevole la dimostrazione in cui un chip di questo tipo riesce a distinguere foglie "buone" da mangiare da quelle cattive.

Queste reti neurali non sono altro che modelli. Infatti, una rete è adatta a interpretare una particolare situazione, per una situazione diversa occorre fare una diversa rete neurale.

Come abbiamo già detto la maggior parte delle reti reali assume una struttura a piccolo mondo.



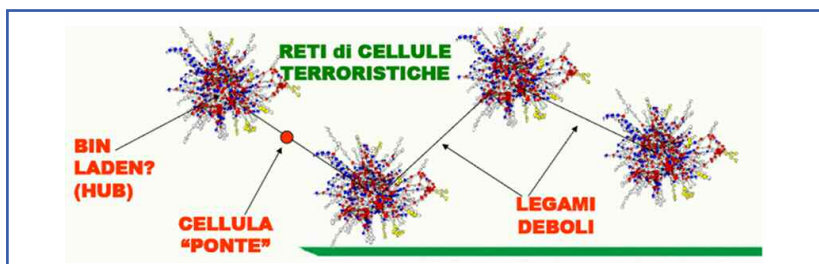
Le reti piccolo mondo sono reti in cui sono i legami deboli a fungere da ponte tra gli hub più popolosi.

Ma come mai la maggior parte dei sistemi complessi evolve spontaneamente in reti piccolo mondo?

Le reti piccolo mondo sono caratterizzate da una maggiore efficienza nella circolazione della informazione e da una alta tolleranza agli errori, ai guasti casuali e agli attacchi non organizzati. Questa struttura rende le reti piccolo mondo capaci di rispondere e adattarsi ai cambiamenti casuali, in quanto l'alta tolleranza agli errori o ai guasti casuali impedisce la disgregazione totale del sistema.

Ma hanno un punto debole: attacchi mirati possono provocare la totale frammentazione del sistema in brevissimo tempo!

Questa caratteristica può rappresentare due facce della stessa medaglia: un hacker con degli attacchi mirati può produrre gravissime conseguenze. D'altra parte la conoscenza delle proprietà strutturali delle reti piccolo mondo potrebbe aiutare nel tentativo di neutralizzare le reti di cellule terroristiche decentrate tipo Al Qaeda. In questo senso eliminare un nodo importante come Bin Laden potrebbe non essere risolutivo, mentre per disgregare il sistema potrebbe essere più efficace agire sulle cellule ponte.



In campo epidemiologico, ad esempio, rispetto alle malattie in cui il contagio avviene per contatto diretto, conoscere il modello di propagazione della rete sociale in cui l'epidemia è nata può aiutare a contenere l'espandersi della malattia.

Questo permette di individuare i legami deboli che costituiscono il ponte tra un piccolo mondo e l'altro, e di cercare di creare barriere capaci di contenere la malattia, prima ancora di sapere quale microrganismo ne costituisca la causa e prima ancora di riuscire ad intervenire con un antidoto.

Una ricerca portata avanti dal *Centro Ricerche Semeion* (centro ricerche di Roma che studia e modella fenomeni complessi) in collaborazione con Scotland Yard di Londra, ha consentito di ricostruire la mappa della rete della droga nei quartieri di Londra¹.

L'obiettivo era di individuare i punti di vulnerabilità dell'organizzazione: capire quali soggetti, in quali località, con quali tattiche è più opportuno colpire per scardinare una rete del genere.

L'obiettivo è stato raggiunto introducendo la rappresentazione e modellazione matematico-algoritmica per investigare le informazioni non visibili, i legami deboli, e da essi risalire alle logiche nascoste che tengono in piedi un'organizzazione criminale per poterla smantellare.

Conoscere e rappresentare correttamente un ecosistema, consente di identificare le informazioni sulle quali agire allo scopo di mantenerlo stazionario, farlo evolvere o distruggerlo.

The brain

Sulla scia di questo diffuso interesse verso i sistemi complessi e la loro comprensione sono nati strumenti per aiutare la visualizzazione concettuale di un ecosistema o meglio del suo modello visivo che più è capace di rappresentarlo.

Uno di questi è "the brain", il cervello, uno strumento che permette di esplorare mondi complessi seguendo le relazioni tra i vari componenti consentendo di approssicare la comprensione, da parte di chi guarda, da tutte le prospettive.

¹ TV e stampa hanno dato ampio spazio alla cosa. Si veda [Il Sole 24 Ore](#) e [L'Avvenire del 26 aprile 2007](#)

In "The Brain" le informazioni sono chiamate "thoughts", pensieri, che, nel sistema complesso che vogliamo rappresentare, possono essere file, pagine web, persone, idee.

Lo strumento consente di organizzarli intorno ad un pensiero centrale, circondato da tutti gli altri "thoughts" e il pensiero centrale viene collegato agli altri attraverso link che esprimono la relazione che li lega. Ogni link può essere diversamente caratterizzato in modo da rappresentare al meglio il tipo di relazione che esprime.

Si ottiene così la rappresentazione dell'intero sistema.

Cliccando su qualsiasi thought, questo viene posto al centro del display e intorno ad esso vengono automaticamente riposizionati gli altri "thoughts" in funzione della relazione precedentemente specificata. Spostandosi sugli altri thoughts, si riesce a navigare all'interno della rete del sistema complesso che si vuole osservare senza mai "perdersi"².

The brain in definitiva, così come altri sistemi dello stesso tipo, consente un tipo di rappresentazione che esce dalla consueta logica gerarchica sequenziale, spesso incapace di esprimere la complessità delle relazioni che caratterizzano il mondo reale.

² The Brain di Kurzweil

[http://www.kurzweilai.net/brain/frame.html?startThought=Artificial%20Intelligence%20\(AI\)](http://www.kurzweilai.net/brain/frame.html?startThought=Artificial%20Intelligence%20(AI))

■ *Riferimenti bibliografici*

Juan Contreras, Juan P. Paz, David Amaya and Antonio Pineda, "Realistic Ecosystem Modelling with Fuzzy Cognitive Maps" International Journal of Computational Intelligence Research N.2 2007.

CACTUS (Chaos and Complexity Theoretical University Studies) GROUP CATANIA, "Reti Complesse" www.ct.infn.it/cactus.

Francesco Pino, "Modelli matematici applicati agli ecosistemi", www.tesionline.it.

Corrado Manara, "Logica Booleana, Logica Fuzzy e Soft Computing", Dipartimento di Matematica e Informatica Università degli Studi di Salerno.

Charles Seife, "Zero, la storia di una idea pericolosa", Bollati Boringhieri, 2002

Elizabeth Pisani, "La saggezza delle prostitute", Isbn Edizioni, 2008