

Ed eccoci al giro di boa...



4. Metodo della Complessità

Come studiare i sistemi complessi

PARTE I

Tullio Tinti

Modelli e simulazioni

Il metodo di ricerca della complessità prevede i seguenti tre passi:

- 1) Costruire un *modello* del sistema reale
- 2) Implementare la *simulazione* al computer
- 3) Trarre *inferenze* applicabili alla realtà

La costruzione del modello



Costruire un modello

- Per costruire un modello adeguato occorre:
 - Scegliere il livello più adeguato di dettaglio
 - Descrivere il sistema al livello di dettaglio scelto:
 - Individuando tutti gli elementi rilevanti
 - Individuando tutte le interconnessioni rilevanti

Il livello di analisi

- Scegliere il livello di dettaglio più adeguato può sembrare un'operazione ovvia
- Invece, quest'operazione comporta precise assunzioni epistemologiche

Livelli di analisi



- Sistema (nell'ambiente)
- Sottosistemi funzionali
- Componenti strutturali
- Componenti delle componenti
- ...
- Atomi
- Particelle elementari

Livelli di analisi

- Bisogna cercare di scendere a un livello di dettaglio più fine possibile?
- Oppure bisogna guardare i sistemi “dall’alto”, senza occuparsi dei dettagli?

Riduzionismo



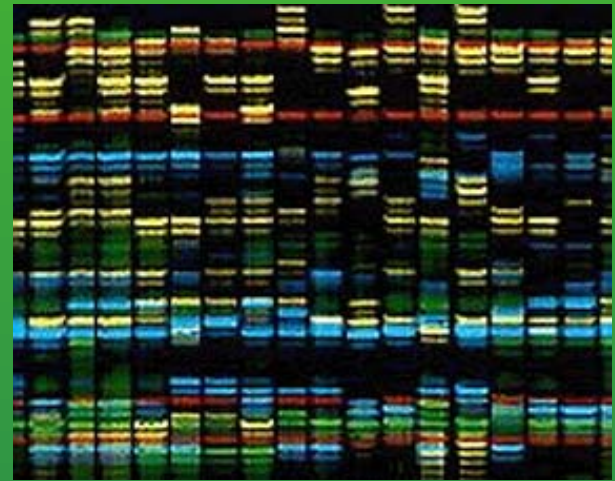
- Chiamiamo *riduzionista* la scelta del livello più basso possibile

Olismo



- Chiamiamo *olista* la scelta del livello più alto (il sistema nel suo insieme)

Riduzionismo



- Gli *innatisti* radicali sono riduzionisti perché cercano di spiegare ogni aspetto della vita in termini di geni (dna)

Olismo



- I primi *comportamentisti* erano olisti perché studiavano il comportamento in termini di stimoli e risposte

Complessità

- I teorici della complessità non sono né riduzionisti né olisti
- Secondo la Teoria della Complessità il livello di dettaglio va scelto in base agli *scopi del modello* e può variare da caso a caso

Costruire un modello

- Dopo aver scelto il giusto livello di dettaglio, occorre descrivere qualitativamente il sistema, ovvero:
 - Individuare tutti gli elementi *rilevanti al livello di dettaglio scelto*
 - Individuare tutte le interconnessioni tra gli elementi rilevanti

Descrizione del sistema

- Non esiste ancora – e forse non esisterà mai! – una *procedura* per descrivere un sistema complesso cogliendone tutti gli aspetti essenziali...
- E allora come si fa?

Descrizione del sistema

- Per descrivere adeguatamente un sistema complesso, più che una “tecnica”, occorre una certa “mentalità” (*forma mentis*)
- Questa mentalità può essere allenata e potenziata con l’esercizio

Descrizione del sistema

- La mentalità necessaria a descrivere i sistemi complessi comprende:
 - Capacità di analisi da tanti punti di vista
 - Capacità di semplificare senza banalizzare
- Esaminiamo brevemente queste due capacità...

Pensiero laterale

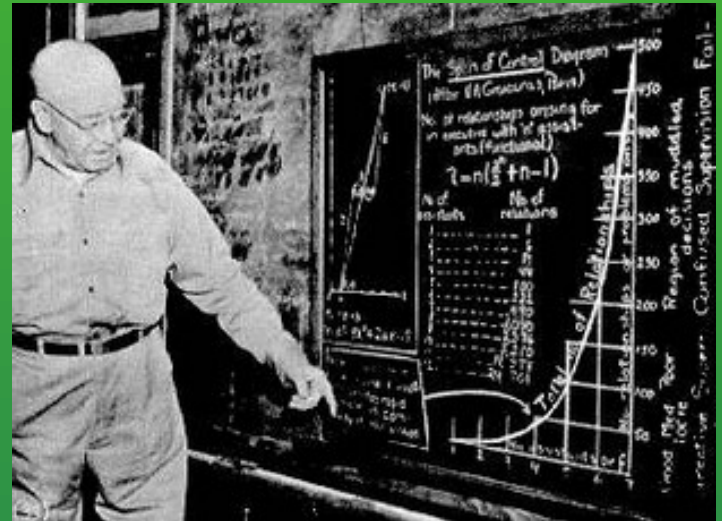
- Per essere certi di aver individuato tutti gli elementi rilevanti di un sistema, occorre osservarlo da numerosi punti di vista (*molteplicità prospettica*)
- Chiamiamo *pensiero laterale*, o *divergente*, la capacità di analizzare un sistema complesso da tanti punti di vista diversi

Pensiero laterale

“PRINCIPIO” DEL PENSIERO LATERALE:

***NON UTILIZZARE MAI
UN SOLO PUNTO DI VISTA!***

Mappa e territorio



- «La mappa non è il territorio» (*Korzybski*)
ovvero: ogni descrizione, ogni modello è
una *semplificazione* del sistema reale

Pensiero complesso

- La difficoltà più grande nella costruzione di un modello è riuscire a non “*iper-semplificare*” (*banalizzare*) il sistema
- Chiamiamo *pensiero complesso*, o “pensiero reticolare” (o anche: *visione globale*), la capacità di costruire *modelli non banali* dei sistemi complessi

Pensiero complesso

“PRINCIPIO” DEL PENSIERO
COMPLESSO:

SEMPLIFICARE SENZA BANALIZZARE

Costruzione del modello:

- Obiettivi del modello
- Posizione epistemologica



Scelta del
livello di analisi

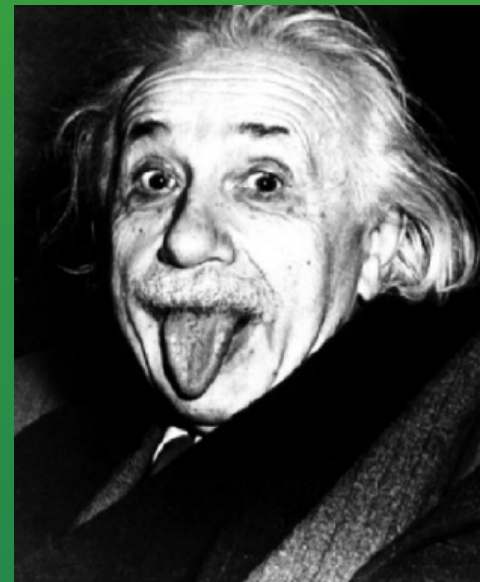


- Pensiero laterale
- Pensiero complesso



Descrizione del
sistema complesso

Beffati dalla complessità



Beffati dalla complessità

- Ora vedremo alcuni esempi di sistemi e fenomeni complessi, non riconosciuti come tali e pertanto affrontati *senza tener conto della loro reale complessità*
- In altre parole: cercheremo di *imparare dagli errori* altrui

Esempio n.1



- Negli anni '60 gli USA furono governati dal centro-sinistra (*Partito democratico*)

La guerra alla povertà

- Alla morte di Kennedy, Lyndon Johnson, il Presidente che prese le redini del paese, dichiarò “guerra alla povertà”
- In tutte le principali città furono messi in atto programmi di aiuto (casa e lavoro) per i meno abbienti

La guerra alla povertà



- La guerra alla povertà fu un disastro: alla fine degli anni '60 nelle città c'erano ancora più poveri... *Come mai?*

La guerra alla povertà

- Le città sono sistemi complessi “aperti”

La guerra alla povertà

- Le città sono sistemi complessi “aperti”
- I contadini abbandonarono le zone rurali e si spostarono in massa in città, per ricevere gli aiuti del governo
- Ma naturalmente gli aiuti non bastavano per tutti...!!!

Esempio n.2



- Nel 1898, in Kenya, gli Inglesi stavano costruendo la ferrovia. La ferrovia doveva attraversare il fiume Tsavo: occorreva pertanto un ponte sul fiume

Il mangiatore di uomini

- Un leone di 3 metri prese a mangiarsi tutti gli operai che lavoravano al ponte
- Dopo 140 morti, i lavori si interruppero
- Gli indigeni credevano che il leone fosse un demone: appariva sempre dove meno lo si aspettava, come uno spirito...

Il mangiatore di uomini



- Il leone sembrava davvero imprendibile: tutti i progetti per catturarlo continuavano a fallire... *Come mai?*

Il mangiatore di uomini

- I progetti di trappola utilizzati erano tutti *iper-semplificati*:



Esca in gabbia



Facile preda

attrae



LEONE













IL SECONDO LEONE ATTACCA

I mangiatori di uomini



I leoni erano due! Due leoni maschi che attaccavano in coppia!!

I mangiatori di uomini



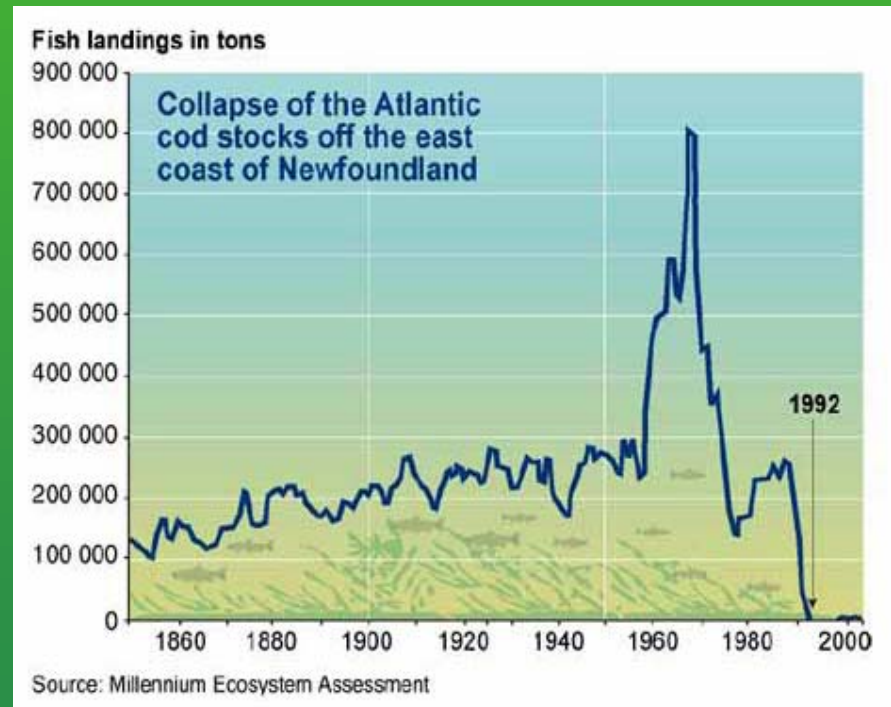
- L'ingegnere capo, il Colonnello John Henry Patterson, riuscì a uccidere entrambi i leoni nel dicembre 1898

I mangiatori di uomini



- Il ponte fu completato a febbraio 1899
- Questa vicenda è raccontata nel film *Spiriti nelle tenebre* (1996)

Esempio n.3



- Negli anni '90 la pesca dei merluzzi in nord Atlantico si è praticamente azzerata

La crisi dei merluzzi

- Il governo canadese diede la colpa della crisi alla foca, predatore naturale dei merluzzi, e si mise a sterminare 500 mila foche ogni anno
- Sterminando i predatori, si pensava, le prede (i merluzzi) possono aumentare di nuovo e la pesca può riprendere

La crisi dei merluzzi



- Nonostante il massacro di foche, il numero di merluzzi non è mai più aumentato... *Come mai?*

Predatore A



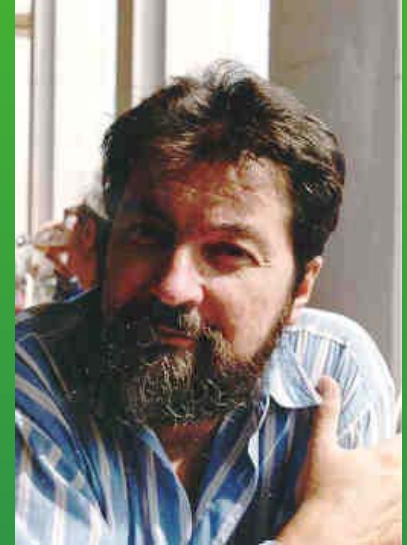
Predatore B
(Preda di A)



Predatore C
(Preda di B)



La crisi dei merluzzi



- Nel 1988 Peter Yodzis ha dimostrato che il modello delle “catene alimentari” è una *banalizzazione* delle intricatissime “reti alimentari”, nelle quali molti predatori sono anche... predatori di predatori

La crisi dei merluzzi

- Le foche non mangiano solo i merluzzi, ma anche tanti *predatori* dei merluzzi
- Se diminuiscono le foche, aumentano i predatori dei merluzzi e i merluzzi... diminuiscono!

La crisi dei merluzzi

- Yodzis ha calcolato che la rete alimentare di foche e merluzzi è un sistema complesso con almeno 150 specie che interagiscono

La crisi dei merluzzi

- Yodzis ha calcolato che la rete alimentare di foche e merluzzi è un sistema complesso con almeno 150 specie che interagiscono
- Un'analogia rete alimentare, con sole 8 specie, “comprende” quasi 29 milioni di catene alimentari... *E con 150 specie?*

Esempio n.4



- Nel 1984 la Pepsi Cola aveva quasi raggiunto, come vendite, la Coca Cola

La disfatta New Coke

- Nei test d'assaggio ciechi, 57 persone contro 43 preferivano la Pepsi, che era più dolce e leggera della Coca Cola
- La Coca Cola Company decise allora di cambiare la formula, per la prima volta dopo 98 anni, e creò la *New Coke*, dolce e leggera come la Pepsi

La disfatta New Coke



- Fu un disastro: la compagnia ricevette 8 mila telefonate di protesta al giorno e alla fine ritirò la New Coke... *Come mai?*

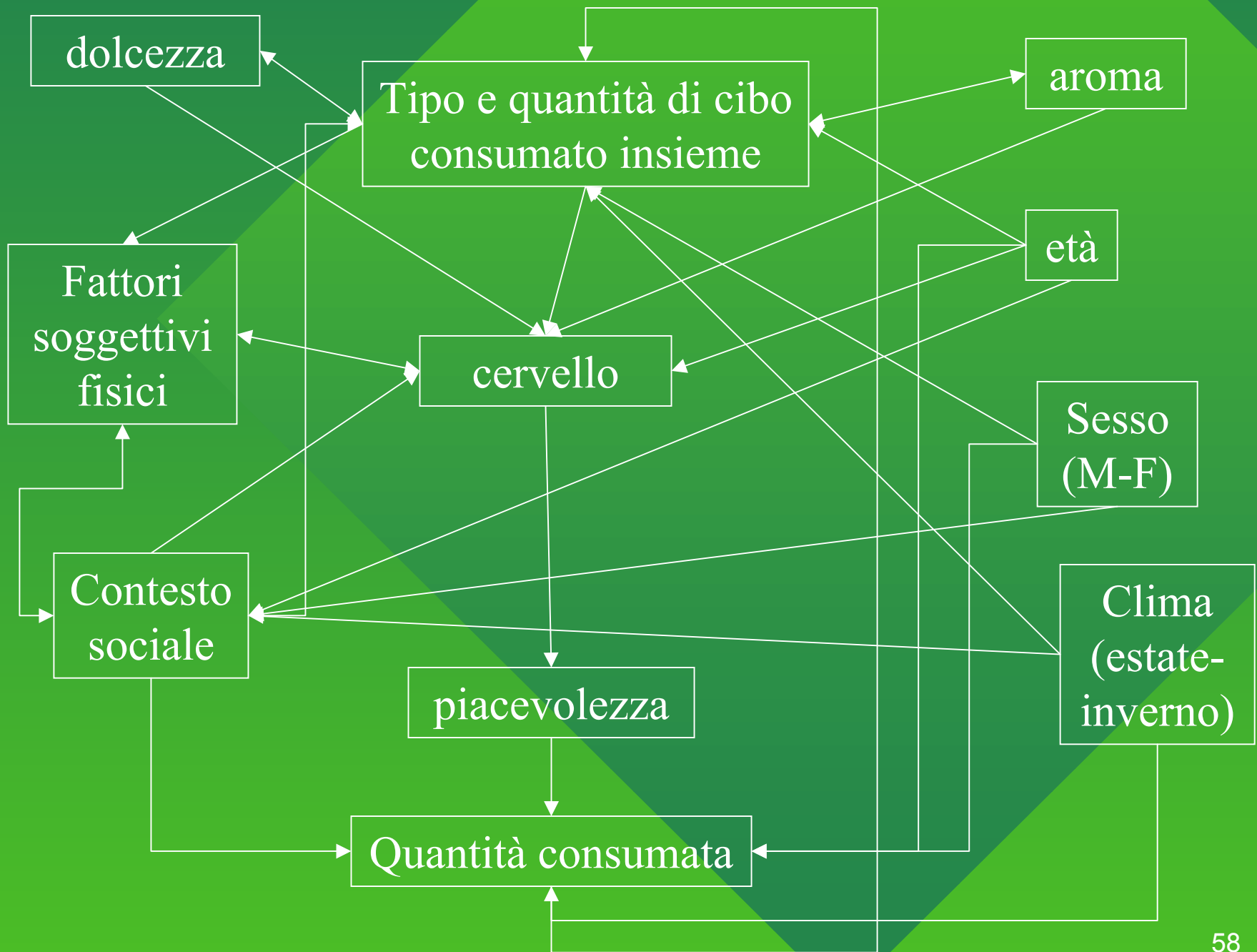
La disfatta New Coke

- Il modello che avevano in mente i dirigenti della Coca Cola Company era un'*iper-semplificazione* del tipo:



La disfatta New Coke

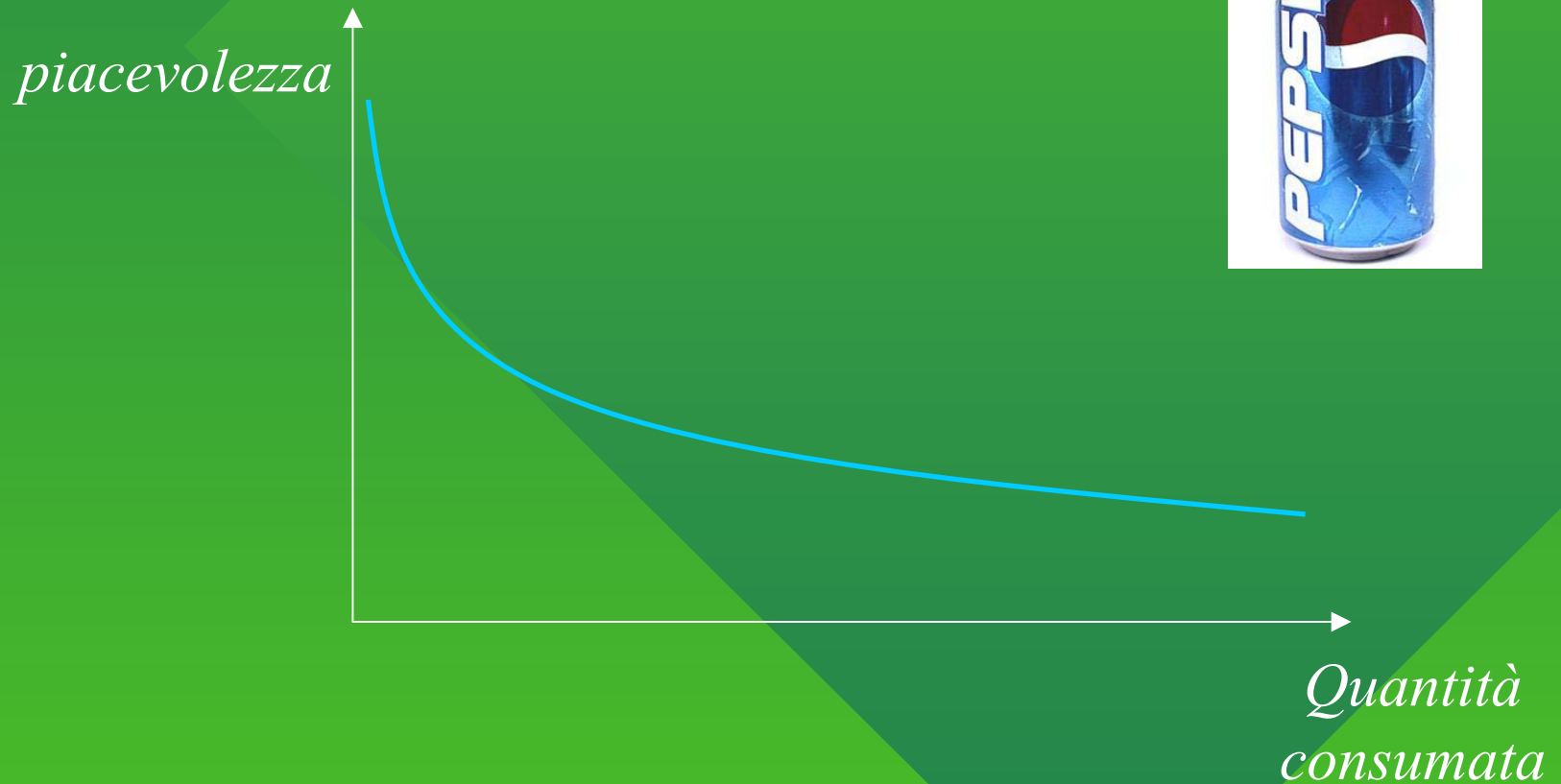
- La piacevolezza - cioè la percezione di un gusto come “piacevole” - è un fenomeno incredibilmente complesso, determinato da numerosi fattori che agiscono sul cervello (che, a sua volta, è uno dei sistemi più complessi che si conoscano)



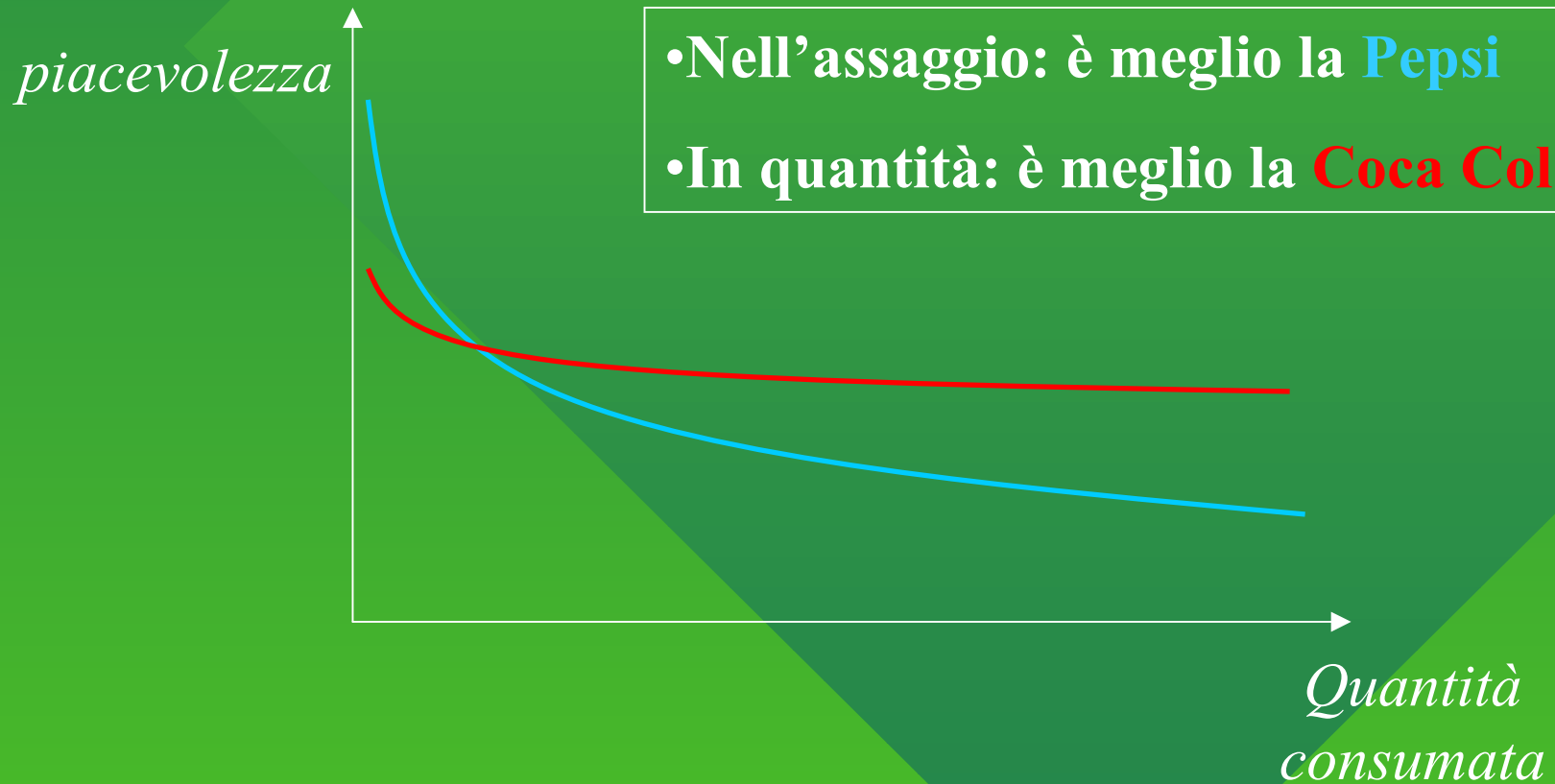
La disfatta New Coke



La disfatta New Coke



La disfatta New Coke



Esempio n.5

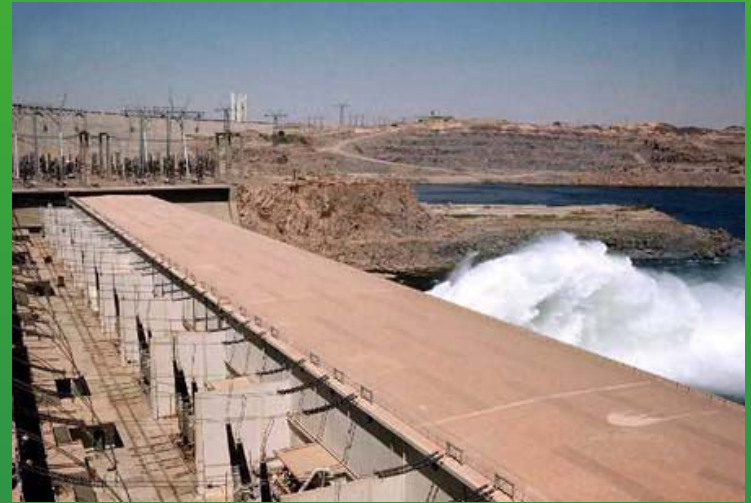


- Nel 1899 gli Inglesi cominciarono a costruire una diga per controllare il Nilo

La diga di Assuan

- Controllare il Nilo si rivelò più difficile del previsto e la diga vennealzata due volte e terminata del tutto solo nel 1933
- La diga non riusciva comunque a controllare il fiume e così nel 1952 ne fu progettata un'altra, immensa, che fu completata solo nel 1970

La diga di Assuan



- La nuova diga riesce a controllare il Nilo e fornisce più di 2 GW di potenza. Tuttavia ha causato un vero e proprio disastro ambientale... *Come mai?*

La diga di Assuan

- Problemi ambientali:
 - La diminuzione della forza del Nilo ha fatto avanzare l'acqua salata del Mediterraneo
 - Le specie d'acqua dolce sono risalite verso l'interno alterando tutto l'ecosistema
 - A monte della diga si è formato un lago artificiale immenso che ha alterato il clima

La diga di Assuan

- A valle della diga il ridotto apporto di limo ha spinto i contadini a utilizzare più fertilizzanti chimici e più pesticidi

La diga di Assuan

- A valle della diga il ridotto apporto di limo ha spinto i contadini a utilizzare più fertilizzanti chimici e più pesticidi
- Il lago artificiale è l'habitat ideale delle zanzare che trasmettono la *malaria* e delle lumache che trasmettono la terribile *schistosomiasi* (oggi ne sono contagiati 200 milioni di persone)

Esempio n.6



- Nel 1980 Donald Burr fondò la *People Express Airlines* che in soli quattro anni divenne la quinta linea aerea degli USA

La People Express

- La “filosofia” di Don Burr univa:
 - Prezzi estremamente contenuti
 - Eccezionale cortesia del personale
 - Servizio essenziale, senza fronzoli
- Il fatturato della People Express raddoppiò ogni anno, fino al 1984

La People Express



- Nel 1985 la People Express era un'azienda così in buona salute da poter assorbire la *Frontier Airlines*

La People Express



- Nel 1986 la People Express perse 133 milioni di dollari e venne assorbita dalla *Texas Air Corporation... Come mai?*

La People Express

- L'inarrestabile aumento della domanda spinse la People Express a decidere di continuare a crescere, aumentando il numero di aerei e il personale
- La People Express mantenne fino alla fine i prezzi molto bassi, ma tra il 1985 e il 1986 la qualità del servizio precipitò

La People Express

- Nonostante la fortuna iniziale, neppure la People Express poteva permettersi di:
 - mantenere i prezzi bassi
 - continuare ad espandersi
 - mantenere alta la qualità del servizio
- A qualcosa si doveva rinunciare: la People Express rinunciò alla qualità

La People Express

- E' estremamente difficile decidere la strategia di un'azienda
- Si tratta di un sistema complesso con moltissime variabili che interagiscono formando la “solita” fittissima rete...

La People Express

- Gli studiosi di complessità hanno raggruppato le variabili in 5 categorie:
 - Flotta (aerei e linee)
 - Risorse umane (personale)
 - Fattori competitivi (interazione con ambiente)
 - Variabili finanziarie (entrate e uscite)
 - Politica aziendale (decisioni dei dirigenti)

La People Express

- Flotta:
 - Numero aerei
 - Tipologia aerei
 - Rotte e voli programmati
 - Ore di servizio al giorno per aereo
 - Carburante
 - ...

La People Express

- Risorse umane:
 - Personale di servizio, di volo, tecnici
 - Addestramento del personale
 - Morale e atteggiamento del personale
 - Tipo di contratto di assunzione
 - ...

La People Express

- Fattori competitivi e ambientali:
 - Immagine pubblica dell'azienda
 - Tariffe
 - Qualità del servizio
 - Tariffe dei concorrenti
 - Qualità del servizio dei concorrenti
 - Rotte e voli dei concorrenti

La People Express

- Variabili finanziarie:
 - Redditi
 - Profitti
 - Costo degli aerei
 - Costo della pubblicità
 - Costo del personale
 - ...

La People Express

- Politica aziendale:
 - Acquisto nuovi aerei
 - Nuove assunzioni, licenziamenti
 - Determinazione delle tariffe
 - Budget per la pubblicità
 - Gamma dei servizi offerti

La People Express

- Nel modello, *ciascuna* di queste variabili interagisce con molte altre variabili determinando l'evoluzione della People Express

La People Express

- Nel modello, *ciascuna* di queste variabili interagisce con molte altre variabili determinando l'evoluzione della People Express
- Immaginate di essere Don Burr nel 1985... *Cosa avreste fatto al suo posto? Che decisioni avreste preso?*

Esempio n.7



- *Jurassic Park* (1990) di Michael Crichton è un romanzo sui sistemi complessi

Jurassic Park



- John Hammond è riuscito ad estrarre il DNA dei dinosauri dalle zanzare preistoriche imprigionate nell'ambra

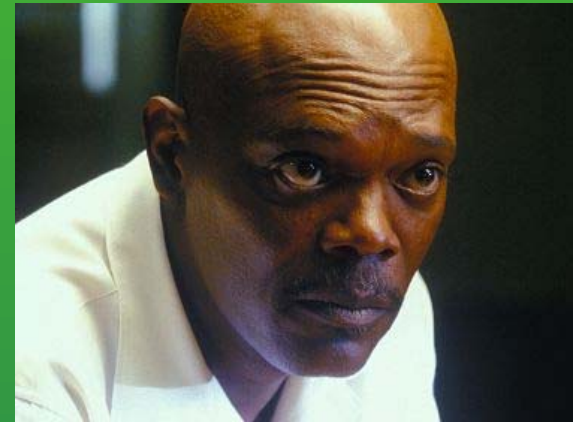
Jurassic Park

- Tramite tecniche di ingegneria genetica, il DNA è stato impiantato in uova di rettile e sono nati dinosauri vivi e vegeti
- I dinosauri sono tenuti in un parco-zoo allestito da Hammond su *Isla Nublar*, un'isola al largo del Costa Rica

Jurassic Park

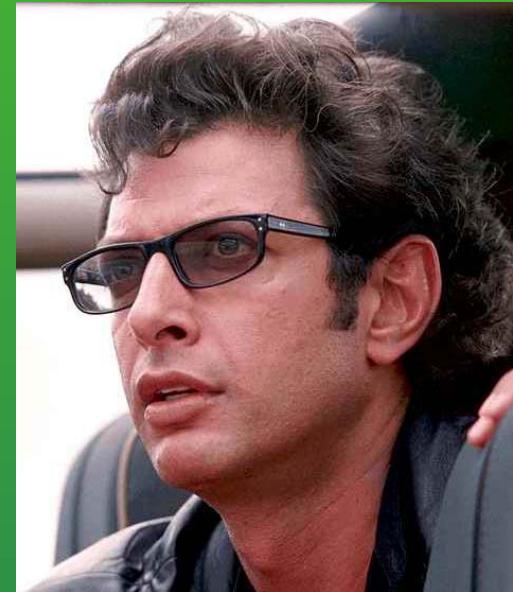
- Il parco-zoo “giurassico” è uno dei sistemi più complessi che si possano immaginare
- La domanda chiave del romanzo è: *un sistema così complesso può essere controllato dall'uomo?*

Jurassic Park



- Nel libro, e poi nel film, Hammond e l'ingegnere capo Ray Arnold sono convinti che i sistemi complessi si possano controllare (anche Jurassic Park)

Jurassic Park



- Il matematico Ian Malcolm, invece, in base alla Teoria della Complessità, sostiene che sia impossibile

Jurassic Park

- Immaginiamo di voler costruire un modello di Jurassic Park: quali sono gli elementi più rilevanti di cui tener conto?
- Per rispondere dobbiamo innanzi tutto individuare le principali categorie in cui raggruppare i vari elementi del sistema

Jurassic Park

- Gli elementi principali riguardano:
 - Le componenti del sistema
 - Le variabili ambientali
 - I fattori legati al “controllo”

Jurassic Park

- Le componenti del sistema comprendono a loro volta:
 - Il parco vero e proprio
 - Gli esseri umani

Jurassic Park

- Infine, il parco comprende quattro aspetti:
 - I *laboratori* di ingegneria genetica
 - L'*ecosistema* “giurassico”
 - L'organizzazione tipo “zoo”
 - Il *parco divertimenti*

Jurassic Park

- Abbiamo dunque 7 categorie di variabili:
 - Variabili legate alla genetica
 - Componenti dell'ecosistema
 - Variabili legate allo zoo animali
 - Variabili legate al parco divertimenti
 - Fattore umano
 - Variabili ambientali
 - Variabili legate al “controllo”

Jurassic Park

- Tutte queste categorie comprendono numerosissime variabili
- Tutte le variabili, infine, sono fittamente interconnesse in una rete di interazioni non lineari (tanto per cambiare!!)

<i>DNA</i>	<i>Ecosistema</i>	<i>Zoo</i>	<i>Parco divertimenti</i>	<i>Fattore umano</i>	<i>Ambiente</i>	<i>Controllo</i>
Zanzare	238 animali (divisi in 15 specie)	Controllo tramite computer	Controllo tramite computer	Hammond	Ambra	Sistema rilevazione animali
Laboratori	Flora	Alimentazione	Manutenzione	Ingegnere capo Arnold	Ossa dinosauri	Fossati
Estrazione	Feci	Cura animali malati	Attrazioni	Wu (genetista)	Conoscenze sui dinosauri (aspettative)	Recinti elettrici
Fertilizzazione	Ambiente (clima, batteri)	Igiene	Trasporti	Malcolm	Energia	No sintesi lisina
Dna dinosauri		Protezione animali da turisti	Controllo folla	Grant, Ellie	Finanziatori, avvocati	Solo animali femmine
Dna flora		Divisioni tra animali	Ristorazione	Bambini	Risorse dal continente	Sterilità
Dna anfiabi		Protezione animali da insetti e parassiti	Alloggi	Operai, tecnici	Governo del Costa Rica	
Dna ibrido		Protezione animali dalle allergie	Sicurezza turisti	Nedry (computer)	Clima	
Guscio		Manutenzione barriere	Impianti	Veterinario	Concorrenti (Dodgson)	
Ambiente covatura			Segretezza	Gennaro	Super computer	
Sicurezza (veleni)			Pubbliche relazioni	Muldoon (guardiano)	Sequenziatori	
[500 variabili]				Regis (PR)		

Jurassic Park

- Qual è la “morale” di Jurassic Park?
 - I sistemi complessi non si possono controllare: il controllo è un’illusione
 - Gli esseri umani hanno grande potere (energia nucleare, ingegneria genetica, nanotecnologie) ma *non possiedono la disciplina necessaria per gestire bene il proprio potere*

Conclusioni

- In tutti gli esempi che abbiamo esaminato, ci sono uomini con un ruolo di potere che affrontano sistemi e fenomeni complessi senza riconoscerli come tali
- Quando commettiamo questo errore, *la complessità si fa beffe di noi.....*

Fine quarta parte