

## *Sabbia, Testi e Musica*

Il comportamento dei sistemi complessi visto attraverso  
l'osservazione di un mucchio di sabbia

Pierluigi Assogna\*

DOI:10.30449/AS.v9n17.159

Ricevuto 8-04-2022 Approvato 11-06-2022 Pubblicato 31-07-2022



**Sunto:** Viene presentato un aspetto dei sistemi complessi, partendo da uno studio sullo sviluppo di un mucchio di sabbia continuamente alimentato da nuova sabbia. Le slavine che si producono hanno una ritmica analoga ai terremoti accaduti in un dato territorio, a frequenza/numero delle diverse lettere dell'alfabeto in testi di diverse lingue, agli intervalli di note in pezzi musicali di diversa impostazione. Questo comportamento risulta una caratteristica universale comune a molti sistemi complessi frutto di evoluzione. Viene proposta una spiegazione di tale comportamento, modellando i Sistemi Complessi come nodi e fili che li collegano, sottoposti a influenze che attraverso i fili raggiungono i diversi nodi smorzandosi o amplificandosi, causando eventi più o meno forti e più o meno distribuiti. Infine viene commentato lo sviluppo della Scienza, anch'essa sistema complesso, sottolineando la maturazione dall'iniziale seme dei mucchi di sabbia, di una fioritura importante per la conoscenza dell'Universo.

**Parole Chiave:** Complessità, Evoluzione, Zipf, Rivoluzioni Scientifiche.

**Abstract:** An aspect of complex systems is presented and discussed on the base of experiments on sand mounds regularly fed with new grains. The slides that develop in time follow frequency/size patterns analogous to the earthquake story of any given territory, to frequency/ranking of letters in texts of different language, style and authors, to frequency/interval of notes in music of different style. This behaviour is a widespread characteristic of many evolving complex systems. An explanation of this behaviour is proposed on the base

---

\* Ingegnere; pierluigi41@gmail.com.

*of a modelization of complex systems as vertices and edges: influences and disturbances travel on edges and reach vertices, where each influence can be dampened or reinforced, reaching ever more points or stopping locally. The conclusion comments the behaviour of scientific revolutions, seeing Science as a system, highlighting the paradigmatic evolution of the humble seed of sand mounds experiments into the flourishing of Complexity.*

**Keywords:** Complexity, Evolution, Zipf, Scientific Revolutions.

**Citazione:** Assogna P., *Sabbia, Testi e Musica*, «ArteScienza», Anno IX, N. 17 giugno 2022, pp. 87-100, DOI:10.30449/AS.v9n17.159.

## 1 - Mucchi di sabbia e slavine

Immaginate questo scenario: una bella spiaggia con un gruppo di bambini che si divertono a giocare con la sabbia e le onde.

Qualcuno sta alimentando con una mano semichiusa un mucchietto di sabbia, cercando di dosare l'apporto dei granelli per evitare che le piccole e grandi slavine rovinino la bella forma a cono del mucchietto, e ne abbassino continuamente l'altezza. È una gara a chi riesce a realizzare il mucchietto più alto.

Altri invece si divertono a avvicinarsi il più possibile alle onde che si susseguono sulla battigia, invadendola e ritirandosi, cercando di immaginare ad ogni ondata il punto in cui si è più vicini ad essa senza bagnarsi i piedi: chi si bagna o indietreggia perde.

La formazione delle slavine, piccole o grandi, che contrastano il tentativo di far crescere indefinitamente un cono di sabbia, e i diversi ritmi delle onde, non sono altro che la testimonianza del comportamento naturale e universale dei sistemi complessi, come dovrebbe risultare chiaro da quanto vedremo. Un assunto di questa affermazione è che anche un cono di sabbia è complesso, contrariamente a quanto potrebbe apparirci.

L'aspetto più importante di questi studi, che più tardi hanno portato alla definizione della scienza della complessità, è la sostituzione del comportamento caotico a quello casuale. Il Caso (lo indico con la maiuscola di proposito) può essere considerato un elemento fondamentale del metodo scientifico, nel senso che tutto ciò che non

si riesce a inquadrare in una spiegazione viene affidato man mano al caso; il caos invece, nonostante il significato comune della parola, indica un comportamento con delle regole individuabili e spiegabili.

Probabilmente per essere scienziati si deve essere eterni bambini: uno scienziato recentemente scomparso, il fisico Per Bak (sembra un nome inventato, ma invece è quello di uno scienziato danese scomparso prematuramente nel 2002) che nel suo libro del 1977, *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*, parte appunto dallo studio delle slavine nei mucchi, inizialmente di sabbia e successivamente di molti altri materiali, per spaziare nei campi più diversi. Questo scienziato ha coniato per primo l'espressione "*complex adaptive systems*", (CAS), in italiano Sistemi Adattivi Complessi, per definire i sistemi in grado di adattarsi dinamicamente a situazioni variabili, reagire, eventualmente ristrutturarsi, e in questo caso influenzare l'evoluzione dell'ambiente stesso.

La complessità è un concetto molto importante per i nostri ragionamenti, e quindi è bene approfondirlo. Nel libro citato, Per Bak descrive principalmente lo studio sistematico, effettuato con il collega Chao Tang e poi con altri, del comportamento di mucchi di sabbia, riso, farina, ecc. alimentati costantemente ed uniformemente di nuovo materiale; in particolare si sono concentrati sulla misura della entità delle slavine che periodicamente si verificano, e la misura dei tempi che intercorrono tra una slavina di una certa dimensione, e la successiva più o meno della stessa dimensione.

Oltre a simulazioni effettuate con calcolatori, gli sperimentatori hanno anche realizzato "marchingegni", descritti e mostrati nel libro, che sembrano presi dalle vignette di Archimede Pitagorico (chi ha la mia età lo ricorda certamente). L'Autore inoltre commenta il fatto che a volte scoperte che scuotono, o addirittura scalzano, i paradigmi scientifici stabiliti, vengono da piccoli gruppi di ricercatori che si cimentano con aspetti molto comuni del mondo fisico, senza utilizzare apparecchiature multi-miliardarie. Torneremo su questo aspetto più avanti.

In sostanza gli studi di Per Bak e colleghi hanno esplorato il comportamento di un sistema apparentemente (ed anche relativamente) semplice, come un cono di piccoli o piccolissimi oggetti materiali,

esposto ad un intervento proveniente dal contesto, cioè un afflusso regolare (oppure no) di nuovi oggetti, in uno o più punti del mucchio. Gli specifici elementi di analisi erano entità e frequenza delle slavine che man mano si verificavano, e le analisi sono state effettuate mediante bilance di precisione, filmati al rallentatore scansionati e valutati, e quant'altro. Ovviamente questi studi sono stati utilizzati, in tempi successivi, anche per definire i movimenti delle dune nelle aree desertiche.

Sia Per sia altri ricercatori che hanno ripreso queste ricerche utilizzando anche marchingegni diversi, sempre molto meccanici, hanno ovviamente sistematizzato gli esperimenti, registrando, per tutte le slavine che si sono verificate durante gli esperimenti, e per ciascun diverso materiale, concentrandosi soprattutto sul ritmo delle slavine: i dati interessanti erano appunto dimensione e frequenza. Sono stati eseguiti anche esperimenti con granelli di riso variamente colorati, per scoprire che quelli che man mano scivolano si ritrovano più tardi anche all'interno dei mucchi, per una dinamica complessa.

Il risultato principale, e seminale, degli esperimenti è stato il seguente.

La prima osservazione, abbastanza banale, è stata che le slavine avevano dimensioni molto diverse tra loro, dallo scivolamento di pochi granelli fino a "catastrofici" crolli di gran parte del mucchio, e gli eventi più leggeri erano più frequenti.

Una seconda constatazione, meno banale, è stata che le dimensioni delle slavine tendevano a raggrupparsi attorno a dei valori discreti. Mi spiego meglio, poiché da questo punto di partenza è iniziata la scoperta di un comportamento molto interessante. L'attesa dei ricercatori era che, misurate ad esempio 1000 slavine, le loro dimensioni avrebbero occupato casualmente tutti i numeri disponibili, diciamo da 1 granello che si sposta, per la più piccola, alla più grande possibile: questo comportamento sarebbe stato classicamente casuale.

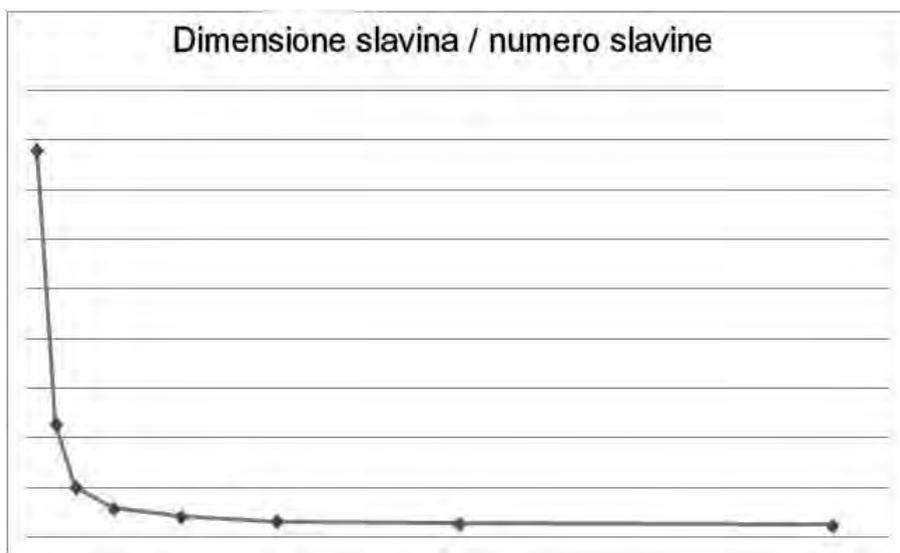
Invece i valori si addensavano attorno ai numeri 1, 3, 6, 19, 123, 2670, ecc. (valori indicati solo come esempio). Hanno constatato che esistevano dei "tipi" di slavina, delle dimensioni preferite, attorno alle quali si addensavano i valori sperimentati. Queste dimensioni stavano tra loro in una scala esponenziale, cioè ciascun numero era

uguale al precedente elevato ad un esponente di valore fisso (1,64 nell'esempio). Matematicamente questi valori vengono definiti "attrattori". Si avevano quindi diversi tipi distinti di slavine. Passando dalla sabbia ad un altro materiale, c'era lo stesso fenomeno di raggruppamento delle dimensioni, ma con esponenti diversi.

La terza osservazione, ancora più interessante è stata che le slavine di un determinato tipo (attorno a 123 granelli nell'esempio) accadevano con una frequenza abbastanza costante. E così per i diversi tipi.

Riassumendo: 1) il tipo "piccolo" era più frequente del tipo "medio", a sua volta più frequente del "grande"; 2) le dimensioni delle slavine erano raggruppate in tipi, o categorie; 3) che gli intervalli tra le slavine di uno stesso tipo, accadevano a intervalli più o meno regolari.

Le cause di ciascuna slavina sono legate a diverse caratteristiche del materiale utilizzato, e dell'ambiente in cui si svolge l'esperimento (dimensioni, peso e forma dei granelli, umidità dell'aria, presenza di correnti d'aria, ecc.) che a loro volta determinano la formazio-



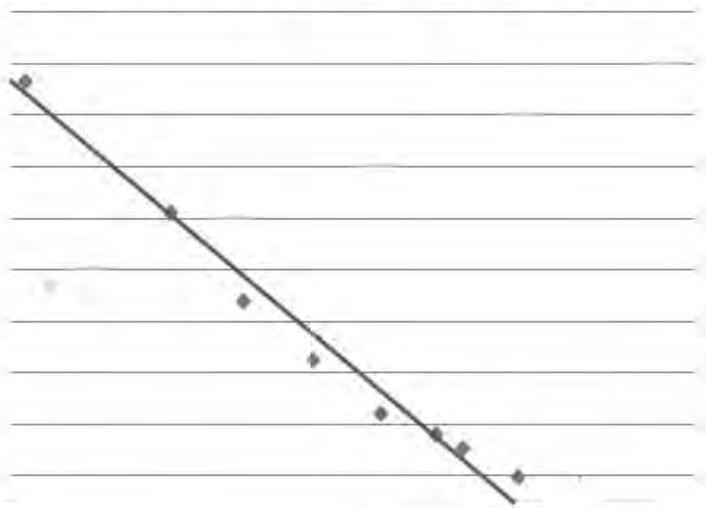
**Fig. 1 - Grafico cartesiano Dimensione / Numero slavine.**

ne, nel mucchio, di aggregazioni di diversa misura, ciascuna delle quali prima di cedere e disfarsi oppone una specifica resistenza. Gli sperimentatori si sarebbero aspettati un comportamento pressoché casuale. La sorpresa, illuminante, è stata la pseudo-regolarità degli eventi, tipicamente una sorta di via intermedia tra determinismo meccanicamente "classico", e la casualità. Viene anche definito determinismo caotico.

Se con i numeri risultanti (frequenza di accadimento e tipo di slavina) si costruisce un grafico cartesiano dove sull'asse verticale (y) si dispongono i valori delle dimensioni dei tipi di slavine, e sull'orizzontale (x) il numero di slavine di ciascun tipo, si ottiene il grafico di figura 1.

Se invece sull'asse y disponiamo i valori del logaritmo delle dimensioni e sull'asse x il logaritmo del numero, cioè costruiamo un grafico detto bi-logaritmico degli stessi valori, otteniamo quanto mostrato in figura 2, cioè una linea.

### Log dimensione slavina / log numero slavine



**Fig. 2 - Grafico bi-logaritmico Dimensione / Numero slavine.**

## 2 - Il Grafico di Zipf

Se la storia finisse qui, sarebbe solo una curiosità limitata ad un problema molto marginale. Per Bak e soci invece hanno integrato questo comportamento inatteso con altre analisi precedentemente effettuate in campi molto diversi, come la tettonica, l'analisi linguistica, la cosmologia, e molti altri, mettendo in luce una universalità della matematica da loro utilizzata per "modellare" i loro esperimenti.

Come spesso succede nel campo scientifico, osservazioni locali portano a nuovi e a volte rivoluzionari modi di interpretare correlazioni inaspettate.

In questo caso l'ubiquità della modellazione matematica è tale per cui le figure che ho utilizzato per precisare il ragionamento, prese dal sito <http://www.mathsintheair.org/>, sono una schematizzazione matematica di dati che non provengono dall'esperimento dei mucchi di sabbia, ma di dati relativi alla percentuale del numero di città della terra al variare del numero di abitanti (fonte arXiv.org). La matematica sottostante questo grafico, detto "di Zipf" è appunto la stessa delle slavine.

Ancora più interessante è che il linguista americano George Kingsley Zipf, che rese popolare questo tipo di rappresentazione, tanto che il proprio nome fosse ad essa associato, nel libro citato (Zipf, 1949) è partito da dati relativi ad una analisi effettuata in un dominio a lui familiare, quello linguistico, completamente diverso sia dai mucchi di sabbia sia dalla popolazione delle città: la frequenza delle parole più utilizzate all'interno di corpora letterari di diverso tipo.

Per quanto riguarda la musica, altro campo apparentemente lontanissimo dalla sabbia, riporto un brano estratto da un articolo della rivista «Le Scienze» del febbraio 2012 dal titolo *Il segreto di una buona musica è un ritmo frattale*, riportato a sua volta nel libro di Giuseppe Monetti (2018):

Il segreto di un brano musicale piacevole? Un buon equilibrio tra prevedibilità e sorpresa. L'affermazione può apparire generica, ma secondo una ricerca pubblicata sull'ultimo numero dei «Proceedings of the National Academy of Sciences» a firma di un gruppo di ricercatori americani e canadesi guidati da Vinod Menon

della Stanford University è possibile tradurla in un'interpretazione matematica - e in particolare in termini di frattali - che non lascerebbe adito a fraintendimenti. Il senso della musica e quello del ritmo sembrano affondare le radici nella notte dei tempi, e alcuni studi hanno voluto attribuirli addirittura all'uomo di Neanderthal. Negli ultimi anni, numerosi studiosi si sono impegnati per rintracciare il piacere che si ricava dalla musica in alcune sue caratteristiche strutturali come la generazione e la violazione dell'aspettativa. A questo scopo è stata usata spesso la matematica, come nel caso dell'analisi schenkeriana, la topografia neurale o ancora modelli geometrici della tonalità. Una particolare relazione matematica ha ricevuto recentemente molta attenzione ed è la distribuzione  $1/f$  meglio nota come frattale di Mandelbrot o più semplicemente frattale ( $f$  è la frequenza temporale degli eventi, legata al parametro  $M$ , che misura l'intensità degli eventi stessi, dall'equazione  $f = c/M$  elevato alla  $D$ , dove  $D$  è la dimensione frattale, mentre  $c$  è una costante di proporzionalità). In sostanza, i pezzi musicali piacevoli, in particolare del mondo occidentale, sono considerati molto regolari e prevedibili, e si è mostrato che le fluttuazioni dell'altezza del suono di un pezzo seguono proprio la legge di potenza  $1/f$ . In quest'ultimo studio, gli studiosi hanno analizzato 1788 movimenti di 558 composizioni musicali di musica classica occidentale per verificare se una legge simile si possa applicare anche al ritmo. Si è così riscontrato come la stragrande maggioranza dei ritmi obbedisca a una legge di potenza  $1/f$  elevato a una potenza  $\alpha$ , con questo parametro che varia tra 0,5 e 1. L'aspetto che più ha sorpreso è che i compositori le cui opere mostrano spettri di altezza che seguono la legge  $1/f$  pressoché identici, mostrano anche spettri frattali caratteristici: pur rimanendo frattali, i ritmi di Beethoven, per esempio, tendono a collocarsi verso il lato della prevedibilità dello spettro, mentre le opere di Mozart si collocano all'opposto sul versante di una maggiore imprevedibilità. L'ubiquità degli spettri ritmici di tipo  $1/f$  nelle composizioni scritte in circa quattro secoli dimostrerebbe che oltre all'altezza dei suoni anche i ritmi mostrano un equilibrio tra prevedibilità e sorpresa, contribuendo in modo sostanziale alla nostra esperienza estetica della musica.

L'universalità di questa distribuzione matematica, che oltre ai domini visti vale per i terremoti, le esplosioni di supernove, e quant'altro, non è stata del tutto chiarita. In ogni caso l'aspetto che a mio parere unisce certamente tutti questi sistemi è che sono il frutto di una evoluzione.

### 3 - Evoluzione dei Sistemi Complessi Adattivi

Vale la pena, come completamento del discorso nato dai mucchi di sabbia, trattare brevemente le caratteristiche dell'evoluzione dei Sistemi Adattivi Complessi (rifacendosi alla definizione di Per Bak) che fornisce le regole di comportamento agli stessi, e successivamente dello sviluppo scientifico. Entrambi gli argomenti sono molto attinenti agli aspetti del racconto visto fino ad ora, e possono fornire un utile arricchimento contestuale, e spunti per ulteriori considerazioni.

Questi aspetti sono da un lato lo sviluppo della complessità, e dall'altro la sproporzione tra una ricerca nata in sordina su un problema secondario, e la fioritura inaspettata di nuovi modi di considerare fenomeni distanti tra loro ma "sotterraneamente" legati da una sorta di *fil rouge*.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei Sistemi Complessi, lo sviluppo degli eventi (slavine nel caso della sabbia) a scatti, o "punteggiato" (in base alla definizione coniata dal paleontologo Stephen Jay Gould, relativamente alle fioriture ed estinzioni di massa della vita sulla Terra), si spiega abbastanza facilmente.

Penso che tutti conoscano la metafora della farfalla, che battendo le ali in Amazzonia, inizia una cascata di eventi che culminano in un tifone in Texas. E' una ottima immagine che descrive il fatto che i sistemi complessi contengono "percorsi" di influenze anche tra sistemi semanticamente e fisicamente lontani, che non sono chiaramente comprensibili se non a posteriori, e soprattutto non sono progettati, realizzati e controllabili come nei nostri sistemi semplici.

L'intero ecosistema, che viene usato come palcoscenico per questa immagine, è articolato in un enorme numero di sotto-sistemi, e un numero molto maggiore di legami di diversa "portata". E' fondamentale premettere che ciascun sotto-sistema è dotato di una caratteristica universale, che è la omeostasi, cioè la tendenza a mantenere la propria configurazione a qualunque costo. E' tautologico considerare che se questa capacità non esistesse, nessun sistema esisterebbe.

Modelliamo ora questo sistema complesso come una rete tridimensionale di nodi (sistemi) e fili che li collegano (comunicazioni ed



**Fig. 3 - Modello di Sistema Complesso.**

influenze inter-sistema). Un esempio molto semplificato (in termini di dimensioni gerarchiche) di questa modellazione è mostrato in figura 3.

Se un nodo per qualche sua ragione “si agita” in modo anomalo, può disturbare i nodi cui è legato da fili. Se il disturbo è al di sotto delle soglie di accettabilità (ogni altro nodo raggiungibile ha la sua), il disturbo finisce rapidamente il suo effetto.

Accade però che talvolta il disturbo scuota a tal punto uno dei nodi che raggiunge, magari perché lo trova in una situazione di equilibrio instabile a causa di qualche suo problema, da richiedere da questo uno sforzo non comune per non crollare, mantenere la sua configurazione, o addirittura riorganizzarsi per prepararsi a disturbi ancora maggiori. Una prima considerazione importante è che ogni nodo colpito da uno stesso disturbo richiede un tempo specifico per reagire al disturbo, e che la relativa reazione a sua volta può trasformarsi in disturbi che propagano onde d’urto nel vicinato. Queste onde d’urto a loro volta possono essere assorbite e smorzate

rapidamente dai nodi “vicini”, oppure amplificarsi e scatenare effetti-valanga e raggiungere distretti lontani.

Questo meccanismo spiega contemporaneamente sia una possibile sproporzione tra disturbo iniziale e effetto finale, sia l'esistenza di intervalli di calma tra un'onda d'urto e la successiva.

L'esempio della farfalla evidenzia in modo provocatorio come più lontano è un sistema dall'origine di un disturbo, più grande, e più rara, è la possibilità che la valanga scatenata causi danni elevati.

Inoltre, tenendo presente il modello di nodi e fili, si spiega anche perché questi effetti tendano a crescere in modo esponenziale (ricordiamo Zipf), dato che man mano che il fronte dell'onda d'urto riesce ad allargarsi, il numero di nodi colpiti cresce appunto esponenzialmente.

Per quanto riguarda il secondo argomento, l'evoluzione scientifica, consideriamo che la Scienza può essere vista come un sistema complesso fatto di persone, metodologie, interessi molteplici, ed è interessante che anche questo sviluppo sia stato analizzato, arrivando più o meno alle stesse considerazioni viste fino ad ora.

La pubblicazione più centrata su questo argomento è senz'altro il libro di Thomas Kuhn (1962) nel quale l'Autore esamina in modo molto netto l'evoluzione della Scienza, arrivando a definirla una sequenza di vere e proprie rivoluzioni.

Il concetto di base della sua analisi è quella di “paradigma”, inteso in questo ambito come un assieme fortemente correlato di assiomi, ipotesi, teorie, campi e metodi di analisi, che si auto-sostengono, e che è generalmente rappresentato da un autorevole personaggio, vivente o meno. Attorno a questo personaggio, o nel suo nome, si forma una scuola di ricercatori, di allievi, di divulgatori, che progressivamente tendono a delineare una ortodossia. Il paradigma in questione viene man mano rinforzato, e inevitabilmente chi “canta fuori del coro”, ad esempio proponendo esperimenti eterodossi, o pubblicando risultati non perfettamente in linea con le teorie paradigmatiche, tende ad essere emarginato.

A questo punto entra nel discorso il concetto di “falsificazione” reso popolare da Karl Popper, che mette in luce la forte asimmetria del valore di un esperimento nei riguardi del modello scientifico nel

cui ambito viene condotto. Mentre un esperimento che conferma una specifica teoria aggiunge solo un tot di confidenza nella giustezza del modello, basta un solo esperimento che ottenga risultati non conformi alle previsioni, la cui esecuzione segue tutti i criteri imposti dalla teoria, per far perdere a questa la sua "autorevolezza".

Teoricamente il discorso non fa una piega, ma è evidente che ad esempio non è mai possibile verificare al 100% che i criteri siano perfettamente seguiti, che non ci siano segnali spurii nelle misurazioni, ecc. Per questa ragione attorno ad un paradigma confermato (solitamente dotato di una omeostasi molto resistente) si forma nel tempo una sorta di alone di risultati discussi, di deviazioni eterodosse, e di discredito di specifici ricercatori eretici. In determinati casi le correnti eterodosse, se effettivamente esperimenti e risultati sono validi, divengono man mano popolari, attirano nuovi ricercatori, talché un paradigma apparentemente inattaccabile cede, affonda, e in genere lo fa con una certa rapidità.

Esempi classici sono: la teoria eliocentrica Copernicana verso quella geocentrica Tolemaica; le rivoluzioni quasi contemporanee rappresentate dalle Teorie della Relatività nel macrocosmo e della Meccanica Quantistica nel microcosmo.

#### **4 - Conclusioni**

Partendo da un aspetto a prima vista ludico, la gestione di mucchietti di sabbia, attraverso le analisi sistematiche e le intuizioni brillanti di valenti ricercatori, ci siamo ritrovati coinvolti in considerazioni relative a scenari e modelli di comportamento addirittura universali.

Considero affascinante, oltre che scientificamente inevitabile, la nostra innata urgenza che ci spinge continuamente a trascendere il *qui ed ora*, che invece, apparentemente, soddisfa gli altri esseri viventi. Questa medesima urgenza mi pare alimenti sia la continua sete di conoscenza sia l'arte, che in modo diverso, l'una mediante una faticosa metodologia razionale, l'altra con intuizioni ed emozioni sublimi, ci stimolano indicando orizzonti nuovi, e alimentano la no-

stra insoddisfazione nell' accettare un ruolo di semplici componenti del sistema-universo.

Questa urgenza apparentemente unica tra i viventi rafforza la mia convinzione che siamo: «Nel mondo ma non del mondo...» (Giovanni 15,18-21), ma questo è un altro discorso.

Chiudo con un brano del poeta inglese William Blake (1757-1827) che rappresenta in modo molto bello tutto questo discorso:

*To see a World in a Grain of Sand  
And a Heaven in a Wild Flower  
Hold Infinity in the palm of your hand  
And Eternity in an hour...*

*(Vedere un Mondo in un granello di sabbia  
E un Paradiso in un fiore selvatico  
Trattieni l'Infinito nel palmo della mano  
E l'Eternità in un'ora...)*

## Bibliografia

BAK P. (1977). *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*. New York: Copernicus.

ZIPF George Kingsley (1949). *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge, Massachusetts: Addison-Wesley.

MONETTI Giuseppe (2018). *Il segreto della musica: L-DNA: Un modello di teoria logogenetica-gravitazionale della composizione*. PM edizioni, pp. 124-125,

KUHN Thomas (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

POPPER Karl (1970). *Logica della scoperta scientifica*. Torino: Einaudi.

# ArteScienza

Rivista telematica semestrale

<http://www.assculturale-arte-scienza.it>

**Direttore Responsabile: Luca Nicotra**

**Direttori onorari: Giordano Bruno, Pietro Nastasi**

**Redazione: Angela Ales Bello, Gian Italo Bischi, Luigi Campanella, Antonio Castellani, Isabella De Paz, Maurizio Lopa**

Registrazione n.194/2014 del 23 luglio 2014 Tribunale di Roma - ISSN on-line 2385-1961