



ENTROPIA, NEGENTROPIA E COMPLESSITÀ TRA SCUOLA E SOCIETÀ

DEMETRIO RIA

Università del Salento - Lecce

demetrio.ria@unisalento.it

Abstract

The assessment of change in complex systems is based on local knowledge of what is needed. To fully understand how systems direct and manage the conditions of their transformation and amplify contradictions at the threshold limits, it is important to develop complex analysis models. In this perspective, "abstraction" is not the same as its use in modeling functionalist systems, but refers to the possibility of reconstructing a set of typical, ideal system attributes. That means. Allows the analyst, the researcher to overcome the excessive localism involved in sensitivity from the initial conditions and their detailed reconstruction. This is particularly important in those researches where there is a particular interest in a specific type of system such as the school system. The "abstract" system in this case is a general overview of an ideal type assembled from multiple data sources and compared with contemporary types or theoretical models.

Keywords: complex system, school system, theory of complexity

Sunto

La valutazione del cambiamento nei sistemi complessi si basa sulla conoscenza locale di ciò che serve. Per comprendere appieno come i sistemi dirigono e gestiscono le condizioni della propria trasformazione e amplificano le contraddizioni ai limiti di soglia è importante sviluppare modelli complessi di analisi. L'"astrazione" in questa prospettiva non è la stessa del suo uso nella modellizzazione di sistemi funzionalisti, bensì riferisce della possibilità di ricostruire un insieme di attributi di sistema tipici, ideali. Vale a dire. consente all'analista, al ricercatore di superare l'eccessivo localismo implicato nella sensibilità dalle condizioni iniziali e dalla loro ricostruzione dettagliata. Ciò è particolarmente importante in quelle ricerche in cui vi è un particolare interesse per un tipo specifico di sistema come il sistema scolastico. Il sistema "astratto" in questo caso è una panoramica generale di un tipo ideale assemblato da più fonti di dati e confrontato con tipi contemporanei o modelli teorici.

Parole chiave: sistema complesso, sistema scolastico, teoria della complessità

Introduzione

Le società in quanto organismi sopra(v-)vivi acquisiscono energia e la canalizzano per mantenere la loro struttura; esse sono tendenzialmente entropiche. Per evitare il collasso espellono l'energia in eccesso come inquinamento (Smith et al. 2017, Byrne 1998). La "complessità" come campo distintivo di pensiero e pratica deve la sua coerenza ai contributi provenienti da diversi ambiti di indagine: dalla scienza dei sistemi alla cibernetica, dalla sociologia alla filosofia e dall'intelligenza artificiale alla teoria del caos (Castellani & Hafferty 2009). Il caos e la complessità descrivono quindi un paradigma attraverso il quale, non soltanto per le scienze sociali, vengono messi in discussione gli approcci riduzionisti e il ruolo dei processi generali. Questi ultimi sono legati alla legge della produzione del cambiamento sociale, lo sottopongono ad un continuo esame critico. Esistono diverse interpretazioni della complessità e delle sue implicazioni. Da un lato, esistono sguardi più strettamente matematici e computazionali per i quali si indagano modelli algoritmici della teoria del caos. Ovviamente queste vie interpretative

tendenzialmente si incanalano verso un tipo di positivismo estremamente sagittale che mal si innesta nella discussione della complessità nella direzione dell'indagine sociale. D'altra parte, esistono approcci più critici per i quali la teoria della complessità non ci fornisce gli strumenti esatti per risolvere i nostri problemi complessi, ma ci mostra (in modo rigoroso) esattamente perché questi problemi sono così difficili. Questa seconda visione può avere una prospettiva più scettica su ciò che si può fare con la teoria della complessità, ma è sviluppata da una comprensione che non è realmente in contrasto con una caratterizzazione scientifica della complessità generalmente accettata. In generale la complessità, dunque, deve affrontare questi temi considerando che i sistemi:

1. Sono aperti.
2. Operano in condizioni di non equilibrio.
3. Sono costituiti da molti componenti molti dei quali semplici (o possono essere trattati come tali).
4. L'output dei componenti è una funzione dei loro input.
5. Lo stato del sistema è determinato dai valori di input e output.
6. Le interazioni sono definite da relazioni input-output effettive e sono dinamiche (la forza delle interazioni cambia nel tempo).
7. I componenti in media interagiscono con molti altri (Esistono spesso più percorsi possibili tra i componenti, mediati in diversi modi).
8. Alcune sequenze di interazione forniscono percorsi di feedback, lunghi o brevi.
9. I sistemi complessi mostrano un comportamento frutto dell'interazione tra i componenti e non dalle caratteristiche inerenti i componenti stessi (questo a volte viene chiamato "emergenza").
10. La struttura asimmetrica (organizzazione temporale, spaziale e funzionale) viene sviluppata, mantenuta e adattata in sistemi complessi attraverso processi dinamici interni.
11. I sistemi complessi devono rapidamente adattarsi ai cambiamenti nell'ambiente, ma ciò può sostenersi solo se almeno una parte del sistema cambia a un ritmo più lento rispetto ai cambiamenti nell'ambiente ovvero se (almeno una parte) mantiene la "memoria" del sistema.
12. Sono possibili più di una descrizione di un sistema complesso. Diverse descrizioni scompongono il sistema in modi diversi, possono anche avere differenti gradi di complessità.

Se si considerano attentamente le implicazioni di queste caratteristiche, sorgono una serie di intuizioni e problemi:

- La struttura di un sistema complesso consente a questo di comportarsi in modo complesso, ovvero: se la struttura è troppo piccola, cioè possiede molti gradi di libertà, il sistema può comportarsi in modo più casuale, ma non più funzionale. Il semplice la "capacità" del sistema (ovvero la quantità totale di gradi di libertà disponibili se il sistema non è stato strutturato in alcun modo) non costituisce un indicatore significativo della complessità del sistema. Un comportamento complesso è possibile se e solo se il comportamento del sistema è limitato. D'altra parte, un sistema completamente vincolato non ha nemmeno la capacità di comportamenti complessi. (Questa affermazione non equivale a dire che esiste una complessità al limite tra ordine e caos. Una vasta gamma di sistemi strutturati mostra un comportamento complesso.)
- Poiché diverse descrizioni di un sistema complesso scompongono il sistema in modi diversi, la conoscenza acquisita da qualsiasi descrizione è sempre relativa alla prospettiva da cui la descrizione è stata fatta. Ciò non implica che una descrizione sia valida come qualsiasi altra, questa è il risultato del fatto che solo

un numero limitato di caratteristiche del sistema può essere preso in considerazione da qualsiasi descrizione specifica. Sebbene non esista una procedura a priori per decidere quale descrizione è corretta, alcune descrizioni forniranno risultati più interessanti di altre.

- Nel descrivere il macro-comportamento (o comportamento emergente) del sistema, non tutte le micro-caratteristiche possono essere prese in considerazione. La descrizione è una riduzione della complessità. Tuttavia, il macro-comportamento non è il risultato di nient'altro che delle micro-attività del sistema. Tuttavia, descrivere il macro-comportamento puramente in termini di micro-caratteristiche è un compito difficile. Quando facciamo scienza, di solito lavoriamo con descrizioni che operano principalmente a livello macro, ma queste descrizioni saranno, il più delle volte, approssimazioni di un qualche tipo.

Queste intuizioni hanno importanti implicazioni per le affermazioni sulla conoscenza che facciamo quando trattiamo con sistemi complessi come quelli legati alle istituzioni formative e alla scuola in particolare. Inoltre, poiché i sistemi complessi sono sistemi aperti, dobbiamo comprendere anche il ruolo giocato dall'ambiente nella sua totalità prima di poter comprendere il sistema.

La conoscenza che abbiamo di sistemi complessi si basa sui modelli che facciamo di questi sistemi, ma per funzionare come modelli - e non semplicemente come una ripetizione del sistema - devono ridurre la complessità del sistema. Ciò significa che alcuni aspetti del sistema sono sempre esclusi. Il problema è aggravato dal fatto che ciò che viene tralasciato interagisce con il resto del sistema in modo non lineare e non possiamo quindi prevedere quali saranno gli effetti della nostra riduzione della complessità, soprattutto non come il sistema e il suo ambiente si sviluppano e si trasformano nel tempo.

In termini generali la teoria della complessità può, quindi, offrire alle scienze sociali un quadro in cui comprendere questioni come:

1. Sono possibili le leggi sociali e, in caso contrario, come possiamo comprendere meglio la causalità nella società? Ovvero: qual è la natura della causalità, della necessità e della contingenza nei sistemi sociali?
2. In che modo le diverse parti della società si relazionano con gli interi? Le strutture sociali sono reali? In che modo i singoli esseri umani si relazionano e costituiscono tali strutture?
3. Possiamo, o meglio è lecito usare idee di feedback per aiutare a modellare e comprendere la riflessività?
4. In che modo interagiscono tipi di entità drammaticamente diversi (umani, tecnici, ecologici, geologici ecc.)? Combinazioni "disordinate" o altrimenti incommensurabili possono produrre effetti misurabili?
5. Come si verificano i cambiamenti politici e sociali? Come possiamo spiegare la stabilità e l'instabilità in politica? Le idee di equilibri punteggiati possono sostituire i resoconti omeostatici e gradualisti del sociale?
6. Possiamo usare idee dalla complessità per ripensare stati di equilibrio economico che sostengano qualche potenziale nuovo futuro socio-politico?
7. La società è una struttura auto-organizzata? Quali sono le forme organizzative ottimali per gli agenti politici collettivi?

Nelle pagine che seguono intendiamo esaminare una serie di tipologie per classificare diversi rami della teoria della complessità. Dopo questo orientamento nel panorama della teoria della complessità sociale e politica, rivolgeremo attenzione specifica ad alcuni problemi della relazione tra questi approcci teorici e il post-strutturalismo-costruttivismo

che tracciano direttamente o indirettamente un implicito dell'intervento e delle pratiche educative.

Complessità e Tempo

Una delle recenti scelte politiche che si è abbattuta sulla istituzione scuola e che trova ragioni politiche, economiche e pedagogiche a sostegno è quello di accorpate le istituzioni in comunità ampie denominate "Istituti Comprensivi" e "Istituti di Istruzione Scolastica Superiore". Queste aggregazioni hanno un fattore semplice che le accomuna: aumentano la popolazione come, in contesto sociale accade con lo sviluppo demografico. Rispetto alla analisi della complessità questa scelta produce una euristica utile per illustrare la traiettoria non lineare della connettività all'interno di un sistema sociale in espansione di individui interagenti. Cosa significa aumentare lo scambio di relazione generando un sistema unione rispetto a due sistemi complessi che fino a quel momento interagivano in modo indipendente con l'ambiente? Facciamo una analisi delle due situazioni in cui il sistema scuola in un ambiente circoscritto si trova e leggiamo esclusivamente cosa accade alla luce delle relazioni che vengono instaurate al tempo t_1 e t_2 .

Partiamo con una analisi semplice. Consideriamo due sistemi composti da un numero finito di elementi pari a 5: $A(5)$ e $B(5)$. Consideriamo soltanto le interazioni biunivoche semplici che ogni insieme struttura al suo interno. Esse sono rappresentate nella tabella:

1	2	3	4	5
2	3	4	5	1
3	4	5	1	2
4	5	1	2	3
5	1	2	3	4

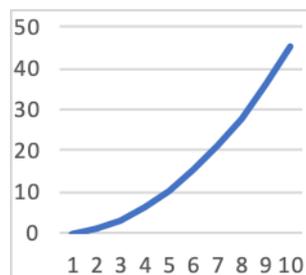
Al netto delle reciproche restano 10 relazioni semplici per ogni sistema. Se sommiamo gli insiemi ne avremo 20. Ora, consideriamo l'insieme somma tra i due: $AB(10)$. Ovvero quell'insieme con 10 componenti semplici, le relazioni biunivoche in questo caso sono 45.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	4	5	6	7	8	9	10		
4	5	6	7	8	9	10			
5	6	7	8	9	10				
6	7	8	9	10					
7	8	9	10						
8	9	10							
9	10								
10									

In quest'esempio non abbiamo inserito il fattore tempo e le possibili variabili esterni che in qualche modo possono influenzare il processo di crescita o di aggregazione dei due insiemi, ovvero non abbiamo considerato il processo di sviluppo delle relazioni semplici

nel tempo. Rimanendo su questo esempio se consideriamo il processo di somma come esito del tempo allora possiamo ottenere una matrice di questo tipo

x	y
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45



Proiettando i valori estremi abbiamo semplicemente una retta, ma inserendoli in una matrice che tenga conto del tempo questa diventa una curva iperbolica che può crescere in modo differente anche attraversando spazi temporali discreti.

Quindi, i modelli lineari possono rappresentare adeguatamente il comportamento in una sezione trasversale e statica, il tempo per i sistemi complessi rappresenta una dimensione cruciale. La letteratura sul comportamento caotico da diverso tempo ha identificato tre regimi comportamentali basati sul tempo a cui tendono i sistemi non lineari:

- convergenza verso un equilibrio o stato stazionario;
- comportamento periodico o oscillazione stabile; e
- caos (Kiel & Elliott 1996, p. 20.).

La complessità organizzativa viene considerata la chiave dell'attuale discorso sullo sviluppo sostenibile, secondo il quale i sistemi di maggiore complessità sono più difficili da ri-orientare verso pratiche sostenibili rispetto ai sistemi relativamente semplici (Fisk & Kerherve 2006). Per quanto riguarda il metodo, osserviamo come la misurazione e la modellizzazione al fine di identificare il contributo dei predittori verso particolari risultati, di fatto, ignori il processo non lineare attraverso il quale le comunità amplificano le condizioni dando origine a stati divergenti. Ciò non implica in alcun senso un rifiuto di tali tecniche, ma solo un riconoscimento dei loro limiti se usate da sole, separate da un adeguato dispositivo di contestualizzazione storica. A scale diverse e a ritmi differenti, i processi di cambiamento e gli agenti possono operare e interagire in modi diversi e richiedere altrettante variabili nelle modalità di indagine.

Il potere esplicativo dell'euristica a livello di dimensioni e connessione del sistema è limitato e per molti aspetti sembra differire poco dalla nozione di "densità dinamica" di Durkhei¹ e dalle sue dichiarazioni strutturali sulla solidarietà organica. Queste euristiche

¹ In sociologia le prime discussioni sulla densità derivano dalla nozione di "densità dinamica" di Durkheim come concentrazione di relazioni socialmente significative. Anche Sennett(Sennett 1970) ha usato la frase "densità visiva" per riferirsi a un livello percettibile di diversità sociale e la recente sociologia tedesca incorpora il concetto di "densità di interazione" (*Interaktionsdichte*) (Häußermann 2007). Il ruolo della densità nella generazione di ambienti di apprendimento è stato ripreso nel lavoro di Jacobs (Jacobs 1970) e si è sviluppato come una teoria del "ronzio" urbano che si ritiene caratterizzi i cluster creativi (Currid & Williams 2010). Tali concezioni della densità sono vicine a un altro concetto della fisica, quello dell'"intensità", che descrive la quantità di energia che fluisce attraverso un'area per un periodo di tempo. La distinzione tra i termini densità e intensità è stata essenziale nella teoria dell'assemblaggio (Deleuze &

suggeriscono collettivamente che sono richiesti quadri e metodi alternativi e che è necessaria una descrizione quantitativa e qualitativa dettagliata degli stati del sistema per comprenderne la sua complessità e come questa emerge dalle interazioni.

"Stati attrattori" come concetto di stabilità potenziale

Le implicazioni che intervengono nella elaborazione della complessità sia per l'obiettivo di teorizzare la società come un sistema socio-ecologico, sia per comprendere il cambiamento all'interno di sistemi sociali come la scuola, possono essere riassunte come segue:

- La "sensibilità alle condizioni iniziali" rende difficile la predizione e la spiegazione usando tecniche progettate per la modellizzazione di sistemi in base all'assunzione di fasi statiche (cioè con dati provenienti da un singolo punto temporale) e con ipotesi di cambiamento lineare dei parametri.
- La crescita del sistema può comportare l'espansione esponenziale della complessità nell'interconnessione degli agenti e nella dimensionalità, creando condizioni in cui le piccole variazioni dei parametri del sistema si amplificano nel tempo.
- I modelli di sistemi strutturali non possono a loro volta presentare in modo affidabile una contingenza storica così complessa.
- Il comportamento locale e il contesto storico diventano fondamentali nei punti chiave di transizione nella comprensione dei meccanismi di tale transizione.

Questi problemi si contrappongono al comportamento di un sistema lineare, infatti, per i sistemi lineari il cambiamento nel tempo dei parametri produce cambiamenti prevedibili (Byrne 1998, p. 26), le cui proprietà possono essere rappresentate in modo affidabile con modelli lineari. Il problema con questo approccio è un crescente riconoscimento dell'importanza del contesto e della realtà che molti sistemi sociali e naturali non possono essere interpretati come sviluppati in questo modo. Gli approcci conservativi che ricorrono a generalità simili a leggi, o che rimangono semplicemente a livello di proprietà del sistema macroeconomico, non possono spiegare il cambiamento dinamico (in particolare mediato dall'uomo).

Al contrario, il processo di causazione in sistemi non lineari è complesso e contingente; essa richiede un ri-orientamento dell'ontologia per rappresentare correttamente sia l'interconnessione dei livelli analitici e organizzativi all'interno di sistemi specifici, sia gli stati divergenti verso cui tali sistemi possono tendere.

Fondamentalmente in queste condizioni si richiede di risolvere il problema di rappresentare uno sviluppo così complesso in un modo contemporaneamente olistico e non riduzionista. Per queste ragioni viene utilizzato il concetto di "attrattore": ovvero il vettore lineare verso cui successivi stati di equilibrio contingente sospingono tali sistemi². Sebbene la rappresentazione lineare possa discernere il contributo dei predittori a un risultato del sistema in punti temporali specifici, l'amplificazione storica e caotica delle contraddizioni all'interno di un sistema produce situazioni in cui alcuni risultati possono essere probabili. Proprio per questo gli attrattori contrastano con la possibilità di un'equazione deterministica per la rappresentazione, e possiedono proprietà che possono essere descritte soltanto topologicamente. Esempio di ciò sono i dati sulla distribuzione della formazione docente disaggregati per scuola di appartenenza.

Guattari 2014, DeLanda 2019) ed è stata anche invocata nella progettazione urbana come complessa interazione tra concentrazioni di edifici, persone e attività.

² Il concetto di equilibrio contingente è preferibile per ora, in quanto cattura la natura transitoria della stabilità apparente del sistema in punti specifici nel tempo.

Secondo Stuart Kauffman³ gli attrattori dinamici racchiudono il comportamento di un sistema in piccole parti del suo spazio di stato, o spazio di possibilità. Non è un'entità determinata, ma piuttosto uno stato indeterminato verso il quale un sistema può tendere (Smith & Jenks 2006). La sua dimensionalità è definita dal numero di variabili nel suo spazio di fase (Mackenzie 2005).

Adattare osservazioni a modelli lineari per rivelare relazioni e cambiare modelli è pratica comune nelle scienze sociali ed anche nella ricerca empirica in educazione. L'implicazione è che i modelli lineari producono narrazioni lineari, che sono insensibili alla storia secondo la complessa critica della realtà. Ciò non implica un rifiuto predefinito del modello lineare, ma piuttosto il suo potenziamento all'interno di una struttura che enfatizza una maggiore attenzione al contesto storico⁴.

Sistemi complessi e scuola

Considerata l'osservazione che singole forme di rappresentazione e analisi potrebbero essere insufficienti da sole a catturare le condizioni dei processi di cambiamento, come possiamo affrontare le domande relative all'acquisizione di dati e alla generazione di conoscenza, vale a dire come possiamo rispondere alla domanda epistemologica? La letteratura - in particolare quella di matrice pedagogica - è enfatica, ovvero offre modelli concettuali ai quali non si possono adattare tecniche analitico-matematiche. Tuttavia, anche se la possibilità di adottare un approccio matematico formale alla complessità non è immediatamente possibile, almeno viene incoraggiata la considerazione di tali complessità (di causalità e contingenza) e l'adozione di una visione più ampia nell'interpretazione dei dati. Ciò, come è stato osservato in precedenza, è carente nell'elaborazione di modelli di sistemi gerarchici conservativi. Va anche riconosciuto che la complessità non suggerisce semplicemente di trapiantare metodi delle scienze naturali in cui la dimensione della evidenza è netta, piuttosto implica il pensare al mondo sociale e alle sue intersezioni attraverso il mondo naturale.

La valutazione del cambiamento nei sistemi complessi è quindi basata sulla conoscenza locale (Cilliers 1999, Byrne 2005) ciò serve anche per comprendere appieno come tali sistemi dirigono e gestiscono le condizioni della propria trasformazione e amplificano le contraddizioni ai limiti di soglia. L'"astrazione" in questo senso non è la stessa del suo uso nella modellizzazione di sistemi funzionalisti, qui si riferisce alla possibilità di ricostruire un insieme di attributi di sistema tipici, ideali ma esito di analisi di dati frammentari. Inoltre, consente all'analista di superare l'eccessivo localismo implicato nella sensibilità alle condizioni iniziali e nella loro ricostruzione dettagliata. Ciò è particolarmente importante in quelle ricerche in cui vi è un particolare interesse per un tipo specifico di sistema (ad esempio il sistema scolastico) ma mancano di dati sufficienti per selezionare i casi in base alla posizione. Il sistema "astratto" in questo caso è una panoramica generale di un tipo ideale assemblato da più fonti di dati e confrontato con tipi contemporanei o modelli teorici⁵.

Questa metodologia del lavoro comparativo incentrato sul caso è ben definita come una strategia per condurre dimostrazioni parallele della teoria o per analizzare i

³ Un autore particolarmente denso e interessante per moltissimi aspetti che richiamano il tema della complessità (Kauffman 1993, 1990).

⁴ Un esempio di tale problema con la rappresentazione lineare nell'ecologia umana è l'immagine della modernizzazione ecologica con la curva ambientale di Kuznet (Martini 2006). Di recente la questione statistico-matematica è stata integrata da un interessante lavoro (Özcan & Öztürk 2019).

⁵ Di recente si è prodotto un lavoro sull'orientamento scolastico che mostra proprio tutte queste limitazioni (Ria 2019).

meccanismi causali attraverso insiemi di casi comparabili. Stabilire la dinamica del sistema e valutare il cambiamento non è quindi un processo strutturalmente derivato e guidato da regole a cui può essere applicato un modello singolare di transizione. Di conseguenza, il modello lineare, ove impiegato, deve trovarsi all'interno di una metodologia multidimensionale che enfatizza il contesto e il potenziale per una notevole diversità evolutiva. Ciò che ora deve essere tentato è una "concretizzazione" di un concetto alternativo e dinamico di sistemi socio-ecologici, attraverso un esame degli strumenti ontologici e logici forniti dalla prospettiva della complessità. Questo risponderebbe ad una fondamentale questione relativa alla metodologia della ricerca educativa, ovvero determinare i limiti d'uso delle tecniche di ricerca e di intervento (anche le didattiche).

Alcune strade della complessità che sono particolarmente battute alla ricerca di strutture metodologiche da utilizzare come correttivi per la linearità sono legate ai concetti di "struttura dissipativa"⁶ e "ontologia nidificata" (Flaherty 2019) che, a loro volta, sono strettamente correlati alla spinta concettuale degli stati attrattori discussi sopra. Le strutture dissipative catturano la dinamica contingente dei sistemi sociali storicizzando le componenti strutturali del mantenimento metabolico e suggerendo un focus sulla "produzione negentropica"⁷. Come discusso in precedenza, l'approccio della complessità alla spiegazione è intrinsecamente storica, in quanto si cercano descrizioni degli stati del sistema per come incidono sulle probabilità di risultati futuri. È attraverso l'applicazione di tale sviluppo storico che si osservano i processi attraverso i quali i sistemi si adattano allo stress interno ed esterno (Castellani & Hafferty 2009).

La definizione di dinamica che qui viene proposta comprende due importanti categorie analitiche: la traiettoria, che tratta dell'evoluzione del sistema nel suo contesto ambientale; e la dissipazione ovvero la criticità auto-organizzativa delle strutture derivata dal lavoro di Prigogine. Secondo quest'ultima preoccupazione, i sistemi complessi non sono caratterizzati né da uno stato di stabilità né dal collasso nel caos (la misura dicotomica implicata dal funzionalismo precedente). Invece, raggiungono la stabilità attraverso un continuo adattamento di fase che consente loro di gestire l'entropia, il caos e la stasi (Castellani & Hafferty 2009, p. 65). Questa prospettiva, derivata dalla biologia evolutiva, ha trovato molti correlati tra i sistemi sociali del mondo reale (Smith & Jenks 2006, Alhadeff-Jones n.d.). Le conseguenze del fallimento nella criticità auto-organizzante di un sistema sociale è quindi la dissoluzione del sistema secondo le leggi dell'entropia. Per i teorici della complessità, questo collasso è in definitiva un risultato non del contributo di variabili destabilizzanti, ma piuttosto di un'amplificazione della complessità su più livelli gerarchici, un processo che può avere tanto a che fare con i piccoli effetti destabilizzanti amplificati nel tempo, quanto con il ruolo di processi macro-sociali fissi e immutabili.

Il concetto di criticità auto-organizzata dimostra la possibilità che un processo irreversibile (dissipazione di energia), lontano da uno stato stazionario, sia in grado di svolgere un ruolo costruttivo e diventare una fonte di ordinamento (Alhadeff-Jones n.d.,

⁶ Le strutture dissipative sono entità macro-ridimensionate, esistenti intrinsecamente solo a livello sopra-molecolare. Queste strutture acquisiscono energia dal loro ambiente, usano quell'energia per mantenere o sviluppare la loro strutturazione e resistere alla tendenza entropica, alla dissoluzione. Per fare ciò, oltre ad aumentare la complessità della strutturazione interna, esportano o "scaricano" l'entropia nel loro ambiente esterno.

⁷ La "negentropia", o "entropia negativa", è stata originariamente proposta come concetto divulgativo da Schrödinger nel suo libro *Cos'è la vita?*. Molti autori successivi hanno considerato la negentropia come semplicemente entropia con un segno negativo, poiché ritengono semplicemente errato fare riferimento alla "negentropia" come energia libera. Tuttavia in queste pagine la stiamo considerando nella accezione data a questo termine da Brillouin (1953) e ripreso poi anche da Popper (1967).

p. 69). Integrando lo studio dei sistemi energetici in questo modo, si può ottenere un apprezzamento dei modi complessi in cui le società umane affrontano questa intrattabile tendenza attraverso l'elaborazione strutturale, istituzionale e culturale nella produzione della negentropia⁸. Nessuna negazione è gratuita o innocente; la forma sostitutiva dovrà trarre energia e risorse da ciò che ha soppiantato ed è probabile che debba confrontarsi con i detriti di ciò che è accaduto prima (Smith & Jenks 2006, p. 7). Nel sistema scuola, pertanto, tutto ciò può essere sviluppato dalla creazione di zone franche (Maragliano 2019) ove i residui energetici degli elementi del sistema possono rideterminare spinte verso stati di equilibrio più rispettosi dell'andamento ecologico del sistema.

Come facciamo a sapere quando un sistema è in buono o in cattivo stato? Come decidiamo se un sistema è "crollato"? Consapevoli della presenza costante di disturbi e della natura dissipativa dei sistemi rispetto al cambiamento, la capacità di un sistema di far fronte a crescenti perturbazioni viene concettualizzata come la sua capacità adattativa. Questo concetto rappresenta un processo attraverso il quale il sistema, per mezzo delle azioni dei suoi agenti costituenti, si adatta per far fronte agli stress. Lo fa soddisfacendo due requisiti metabolici chiave:

1. deve essere in grado di convertire l'energia ambientale libera in forme sempre più laboriose di strutturazione interna; e
2. deve trasportare il disordine termico nell'ambiente.

I sistemi dissipativi sono quindi caratterizzati da una tensione dinamica tra la loro capacità di accumulare negentropia e la loro necessità di trasferire la loro entropia positiva nell'ambiente. Accettare l'auto-organizzazione come aspetto centrale dei sistemi focalizza l'attenzione sul processo metabolico e lontano da questioni di struttura e stabilità da sole.

Nel caso della scuola assistiamo ad un proliferare di progettualità regionale, nazionale ed europea e ciò consente al sistema di dissipare il disordine interno. Nei casi in cui l'ambiente esterno e le relazioni con il territorio sussistono all'ora anche l'energia ambientale favorisce la strutturazione interna aumentando l'ecologia del sistema.

La discussione precedente ha voluto semplicemente fornire un'epistemologia generale dei sistemi come entità complesse e metaboliche. Per rendere operativi questi concetti secondo una metodologia di lavoro, è necessario un mezzo più preciso per concettualizzare l'organizzazione sistemica gerarchica. Abbiamo anche bisogno di dispositivi di misurazione più flessibili rispetto ai concetti dotati di efficacia energetica e di una narrazione del contesto sociale che spieghi sia la differenziazione delle forme storiche, sia le condizioni contestuali in cui si trovano le disuguaglianze nella distribuzione delle risorse. Tutte queste questioni e le implicazioni sul piano sperimentale e di ricerca nei contesti scolastici restano un campo di lavoro ancora da dissodare.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Alhadeff-Jones, M. (n.d.), 'Three generations of complexity theories: Nuances and ambiguities'.
Brillouin, L. (1953), 'The negentropy principle of information', *Journal of Applied Physics* 24(9), 1152–1163.
Byrne, D. (2005), 'Complexity, configurations and cases', 22, 95–111.

⁸ Interessante vedere come, pur non esprimendo esplicitamente il concetto di negentropia, recenti studi sulla pedagogia di comunità (Colazzo & Manfreda 2019) stiano facendo ampiamente uso di tale interpretazione della complessità sia sul piano della teoresi e della epistemologia, sia sul piano della metodologia e della prassi.

- Byrne, D. S. (1998), *Complexity theory and the social sciences: An introduction*, Psychology Press.
- Castellani, B. & Hafferty, F. W. (2009), Mapping complexity, in 'Sociology and Complexity Science', Springer, pp. 1–21.
- Cilliers, P. (1999), 'complexity and postmodernism. understanding complex systems' reply to david spurrett', 18, 275–278.
- Colazzo, S. & Manfreda, A. (2019), *La comunità come risorsa: Epistemologia, metodologia e fenomenologia dell'intervento di comunità*, Armando Editore.
- Currid, E. & Williams, S. (2010), 'Two cities, five industries: Similarities and differences within and between cultural industries in new york and los angeles', *Journal of Planning Education and Research* 29(3), 322–335.
- DeLanda, M. (2019), *A new philosophy of society: Assemblage theory and social complexity*, Bloomsbury Publishing.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (2014), *Mille piani: capitalismo e schizofrenia*, LIT edizioni.
- Fisk, D. & Kerherve, J. (2006), 'Complexity as a cause of unsustainability', *Ecological Complexity* 3(4), 336–343.
- Flaherty, E. (2019), Complexity theory: Societies as complex systems, in 'Complexity and Resilience in the Social and Ecological Sciences', Springer, pp. 29–76.
- Häußermann, H. (2007), 'Phänomenologie und struktur städtischer dichte', *Städtische Dichte VM Lampugnani, Nzz Libro* pp. 19–30.
- Jacobs, J. (1970), '1969 the economy of cities', *New York: Vintage*.
- Kauffman, S. A. (1990), The sciences of complexity and "origins of order", in 'PSA: proceedings of the biennial meeting of the philosophy of science association', Philosophy of Science Association, pp. 299–322.
- Kauffman, S. A. (1993), *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*, Oxford University Press, USA.
- Kiel, L. D. & Elliott, E. (1996), 'Exploring nonlinear dynamics with a spreadsheet: A graphical view of chaos for beginners', *Chaos theory in the social sciences* pp. 19–29.
- Mackenzie, A. (2005). The problem of the attractor: A singular generality between sciences and social theory. *Theory, culture & society*, 22(5), 45–65.
- Maragliano, R. (2019), *Zona franca. Per una scuola inclusiva del digitale*, Armando Editore.
- Martini, C. (2006), 'La curva di kuznets ambientale', *QA Rivista dell'Associazione Rossi-Doria*.
- Özcan, B. & Öztürk, I. (2019), *Environmental Kuznets Curve (EKC): A Manual*, Academic Press.
- Popper, K. R. (1967), 'Time's arrow and feeding on negentropy', *Nature* 213(5073), 320–320.
- Ria, D. (a cura di) (2019), *Orientarsi al futuro. Educare la scelta nella scuola del III° millennio*, UniSalentoPress Lecce.
- Sennett, R. (1970), 'The brutality of modern families', *Trans-action* 7(11), 29–37.
- Smith, J., Hafez, R. et al. (2017), 'Rethinking the concept of social construction from a complexity perspective', *International Journal of Multidisciplinary Comparative Studies* 4(1-3), 6–22.
- Smith, J. & Jenks, C. (2006), *Qualitative Complexity: Ecology, Cognitive Processes and the Re-Emergence of Structures in Post-Humanist Social Theory*, Routledge.