
LA CIBERNETICA DI PRIMO E SECONDO ORDINE: (kybernetes)

La Cibernetica è la scienza che studia i principi astratti di organizzazione nei sistemi complessi.

In particolare non tanto riguardo in cosa consistano questi sistemi, quanto al più in come funzionano:

- come usano l'informazione e come la scambiano gli agenti
- come collaborano fra loro in direzione di un obiettivo comune
- come contrastano il rumore

e così via...

Il concetto sviluppato dai greci - kybernetes - viene poi ripreso da Norbert Wiener nel 1948, ispirato dalla meccanica ed i suoi risultati durante la guerra e contemporaneamente lo sviluppo della teoria della comunicazione (o informazione) di Claude Shannon, con la volontà di sviluppare una teoria generalizzata dei principi di organizzazione e controllo nei sistemi.

La differenza fra cibernetica di primo e secondo ordine consiste nel fatto, che mentre nel primo periodo lo studioso di Cibernetica (di primo ordine) studiava un sistema da un punto di vista passivo, da quello dell'osservatore dei comportamenti di un sistema.

Il Cibernetico di secondo ordine lavora ed interviene nel comportamento e nella costruzione di un sistema complesso, riconoscendo il sistema come un agente con cui interagire e riconoscendo esso stesso come agente nell'interazione col sistema.

SISTEMI DINAMICI E SISTEMI COMPLESSI:

Un sistema dinamico è un modello matematico che rappresenta un oggetto (sistema) con un numero finito di gradi di libertà che evolve nel tempo secondo una legge deterministica;

Mentre per sistema complesso si intende un sistema dinamico a multicomponenti, ovvero composto da diversi sottosistemi che tipicamente interagiscono tra loro. Tipicamente un sistema dinamico viene rappresentato analiticamente da un'equazione differenziale, espressa poi in vari formalismi, e identificato da un vettore nello spazio delle fasi, lo spazio degli stati del sistema, dove "stato" è un termine che indica l'insieme delle grandezze fisiche, dette variabili di stato, i cui valori effettivi "descrivono" il sistema in un certo istante temporale.

Si possono identificare due tipologie di sistema dinamico:

Se l'evoluzione avviene ad intervalli discreti di tempo il sistema viene chiamato sistema dinamico discreto ed è definito dall'iterazione di una funzione.

Se l'evoluzione è continua e definita da un'equazione differenziale, il sistema viene chiamato sistema dinamico continuo.

Ci sono sistemi che possono non variare nel passare del tempo ed altri da cui ci si aspetta un effettivo cambiamento, e sono detti rispettivamente:

- Sistemi tempo-invarianti.
- Sistemi tempo-varianti.

In generale i sistemi complessi sono sistemi dinamici caotici, e dunque di fatto imprevedibili, ma deterministici (per questo si parla di Caos Deterministico).

SISTEMI CAOTICI:

«Può il battito delle ali di una farfalla in Brasile
scatenare un tornado in Texas ?»

(Lorenz all'American Association for the Advancement of Sciences, 1979)

«La teoria del caos postula che esista una classe di fenomeni naturali
che possono essere modellati da sistemi deterministici non lineari.

Il valore di ciascuna variabile nel sistema può essere molto irregolare
e molto sensibile a piccole variazioni delle condizioni iniziali.

In alcuni sistemi, con determinate condizioni iniziali i valori
di ciascuna variabile si libreranno attorno a due o più valori (attrattori),
questo assumendo una "oscillazione non periodica"

- un'orbita che esiste entro limiti definiti ma non si ripete mai esattamente...

...anche se non presi da una prospettiva di modellazione fisica,
i segnali caotici, e in particolare le oscillazioni non periodiche,
rappresentano una sorta di via di mezzo tra il rumore casuale e
le forme d'onda periodiche.

Possono essere usati per espandere le possibilità di sintesi
nella generazione di ricche texture semi-casuali
con controlli di parametro precisi.»

- Jamie Dunkle, 15/4/2015

Ciò che accomuna un sistema complesso a un sistema caotico è la non linearità.

In questa visione di complessità i sistemi caotici
sono considerati un sottoinsieme dei sistemi complessi:

la complessità si manifesta infatti sulla soglia della caoticità.

L'ipotesi che sistemi deterministici possano sviluppare
comportamenti imprevedibili

fu teorizzata per la prima volta dal matematico francese H. Poincaré
già nello studio del problema dei tre corpi (1890).

Dunque quando si parla di caos ci si riferisce ad un

certo tipo di comportamento del sistema
 guidato da un'elevata sensibilità alle condizioni iniziali.
 In altri termini un sistema caotico amplifica le piccole differenze:
 porta i fenomeni microscopici a un livello macroscopico.
 E' dunque nell'amplificazione di queste piccole caratteristiche
 che sorge il caso.
 Il sistema solare è stabile e regolare su
 una scala dell'ordine del milione di anni,
 ed è caotico su una scala di cento milioni di anni.
 Una differenza per quanto inizialmente trascurabile,
 tende ad amplificarsi e a mettere in dubbio la validità
 delle predizioni a lungo termine proprio come un'imprecisione
 sulla posiazione iniziale o degli errori di arrotondamento
 nel corso del calcolo possono mettere in discussione il risultato finale.
 Il problema però non è esattamente lo stesso,
 poiché l'errore non è nei dati ma nel modello.
 Non è più un errore sulle variabili ma sulle equazioni.
 I sistemi caotici, proprio come quelli stocastici,
 appartengono alla classe dei sistemi dinamici e dei sistemi complessi.
 Solo che mentre nei sistemi caotici i comportamenti sono deterministici
 ed è possibile prevedere il risultato se si conoscono
 le condizioni iniziali del sistema ed il suo comportamento,
 e dunque a parità delle condizioni iniziali il risultato è prevedibile.
 Nei modelli stocastici il comportamento dipende da delle probabilità,
 che possono essere calcolate
 tramite il calcolo delle probabilità.
 Non è possibile dunque determinare a parità delle condizioni
 iniziali il proprio comportamento:

- Modelli Stocastici
- Modelli Deterministici

I SEGNALI CAOTICI NELLA SINTESI

I segnali caotici nella sintesi digitale possono essere utili per implementare oscillatori e/o segnali di controllo tempo-varianti.

Un problema dei sintetizzatori digitali e degli effetti audio, è che sono spesso caratterizzati da suoni molto lontani da quelli prodotti nel mondo fisico, a causa della natura precisa e tempo-invariante della loro generazione del segnale nel mondo digitale.

Nel computer, i dettagli che in natura nel suono si verificano normalmente in modo imprevedibile, devono essere accuratamente sequenziati fino al punto di esaurimento delle risorse del computer e del programmatore. Adottare segnali caotici nella sintesi e nel controllo, può essere dunque un modo per produrre suoni più naturali di quelli generati attraverso le tecniche standard di sintesi digitale, con metodi computazionali economici.

EQUAZIONI DIFFERENZIALI:

Un'equazione differenziale è un'equazione che lega una funzione incognita alle sue derivate. La funzione derivata di una funzione rappresenta il tasso di cambiamento di una funzione rispetto a una variabile, vale a dire quindi la crescita (o decrescita) che avrebbe una funzione in uno specifico punto spostandosi di pochissimo dal punto considerato. Può essere anche descritta come un set di equazioni relative al raggio di cambiamento di un numero sconosciuto e la sua derivata.

ad esempio: $Y = \sin(Y)$

Esistono dei modelli di equazioni differenziali a comportamenti caotici. I segnali caotici possono infatti essere generati trovando soluzioni numeriche a determinate equazioni differenziali, o mediante l'uso iterativo di mappe di primo ritorno. Alcune delle equazioni differenziali più utilizzate in grado di generare segnali caotici sono:

- Lotka-Volterra
- Van der Pol
- Lorenz
- Rössler
- Hindmarsh-Rose
- Thomas
- Duffing oscillator.

IL PRINCIPIO DI COSTRIZIONE:

In matematica, una costrizione è una condizione di un problema di ottimizzazione che la soluzione deve soddisfare.

Più generalmente invece, per costrizione di un sistema si intende cosa riduce l'imprevedibilità comportamentale negli stadi di un sistema.

Nel nostro caso equivale ad adottare una serie di strumenti per costringere le equazioni differenziali e gli altri segnali contenendoli nel sistema in un range di valori desiderati. alcuni metodi di applicazione possono essere:

- Il Wavefolding
- Il Waveshaping

per la saturazione del segnale.

Ad esempio il Soft Clipping tramite la funzione tangente, costringe il segnale mappando come massimo o minimo valore numeri tra $- \infty$ e $+\infty$ ad numeri fra -1 ed +1.

In questo modo posso esplorare diversi valori del sistema.

Oppure:

- Il DC Blocker

per costringere un valore fisso, ad essere interpretato come un valore all'interno delle fasi e ad essere attenuato e riportato a 0. Infatti un valore DC può essere interpretato come un segnale a frequenza 0.

Il DC Blocker interviene nella differenza fra due numeri, più due campioni hanno di differenza meno sarà

l'attenuazione, se due numeri sono vicini

l'attenuazione invece tenderà ad azzerarli.

il DC blocker più semplice è la derivata prima,

con il polo prima o dopo si tende a recuperare parte della zona attenuata (cancellata).

Il filtro di Zavalishin non crea problemi nelle fasi

a differenza del onepole nel lowpass.

Il onepole crea problemi con segnali tempovarianti.

Lo state variable filter di Zavalishin

permette di avere uno strumento che al variare di coefficienti,

varia comportamenti e permette di ottenere uno strumento

di regolazione variabile ad-hoc.

PRINCIPI DI FEEDBACK NEI SISTEMI ANALOGICI E DIGITALI:

Il feedback è un importante condizione alla base dei sistemi caotici dinamici:
avviene quando vi è circolarità fra causa ed effetti;
ovvero quando gli effetti di un processo tornano ad influenzare
il processo stesso.

Il feedback acustico consiste nel ritorno di un suono
fra una sorgente e un recettore,
(ad esempio un microfono ed un altoparlante)
in un circuito di retroazione a guadagno potenzialmente infinito.

Nel feedback analogico il segnale viene emesso da una sorgente
e captato da un ricettore all'interno di un ambiente.

E a seconda delle variabili del sistema, quali:
condizioni dell'ambiente, distanza fra sorgente e ricettore,
risposta in frequenza dei due e risonanze della stanza,
e più in generale ogni minimo trasferimento
non lineare in qualsiasi componente relativa al suono,
porterà all'influenza in qualche modo del processo di feedback.

In alcuni casi una frequenza in fase con il segnale viene a sommarsi ad esso
e viene amplificata e riprodotta a sua volta con ampiezza via via crescente

- Effetto Larsen -

in altri casi, per evitare questo comportamento,
e dunque l'intonazione del feedback ad una determinata frequenza,
bisogna introdurre delle non linearità nel sistema di feedback.
Queste non linearità nel mondo fisico appartengono alla sua natura stessa
e corrispondono al controllo di tutte le variabili elencate in precedenza.

Nel mondo digitale invece le non linearità devono essere implementate.

Infatti di norma i comportamenti del computer
a differenza di quelli in natura sono lineari.

RETROAZIONE POSITIVA E NEGATIVA, LINEARITA' E NON-LINEARITA':

- Retroazione Positiva

- Retroazione Negativa

La retroazione positiva tende ad accelerare un processo,
mentre la retroazione negativa a rallentarlo.

La retroazione negativa aiuta a mantenere la stabilità di un sistema,
contrastando i cambiamenti dell'ambiente esterno.

Mentre la positiva tende alla complessità.

Nel controllo di un sistema complesso,
come può essere ad esempio quello del feedback acustico di cui abbiamo parlato,
introdurre delle linearità tramite retroazione
vuole dire costringere la complessità
a dei comportamenti prevedibili, si può pensare ad esempio
all'intonazione del feedback,
che da un comportamento complesso della sorgente e del ricevitore arriva
ad uno lineare.

Mentre introdurre delle non-linearità nel sistema tramite la retroazione,
(ma delle non-linearità possono essere introdotte anche in altro modo)
vuole dire portare questo verso comportamenti non prevedibili, complessi.
Questi due comportamenti possono essere ottenuti per l'appunto
sia velocizzando che rallentando questi processi,
in maniera dipendente dal caso specifico.

I filtri digitali o analogici per l'audio,
possono essere pensati ad esempio come uno strumento
di contrasto rispetto a questo tipo di comportamenti:
dove se si allineano le fasi si creano dei poli,
mentre se si disallineano si punta alla complessità del sistema.

PRINCIPI DI AUTO-ORGANIZZAZIONE (L'ADATTIVITA') :

Una condizione necessaria affinché un sistema possa essere definito complesso è che questo tenda ad un qualche tipo di ordine spontaneo.

Tuttavia l'ordine di cui parliamo nei sistemi complessi non è un concetto di ordine assoluto globale degli elementi, ma piuttosto un concetto di stabilità distribuito.

Si può dunque parlare di condizioni di

- Stabilità del sistema
- Instabilità del sistema

Quando si vuole raggiungere un qualche tipo di equilibrio di un sistema instabile ci si sta ponendo un problema di adattività, ed ottimizzazione.

Uno strumento per l'adattività come abbiamo visto sono le costrizioni matematiche.

L'ORGANIZZAZIONE GERARCHICA:

Spesso nei sistemi complessi sono presenti più livelli di organizzazione che possono essere pensati come se formassero una struttura gerarchica di più sistemi e sottoinsiemi interagenti.

Basti pensare al cervello, ad un ecosistema, o a una cellula...

o in scala più grande all'universo stesso che a sua volta contiene tutti gli elementi precedenti.

COMPORTAMENTO EMERGENTE

Nell'analisi e nel disegno di un sistema complesso bisogna prendere in considerazione il comportamento collettivo, questo comportamento viene chiamato comportamento emergente, e sta ad indicare l'andamento non lineare o lineare che emerge dalla collaborazione delle parti. Le proprietà dei comportamenti emergenti nei sistemi complessi sono difficilmente predicibili, poichè l'insieme delle leggi che governa le componenti singolarmente, non vale nel caso di una collaborazione collettiva di queste all'interno di un sistema. Bisogna studiare il sistema nel suo insieme complesso per verificare il comportamento che ne emerge. Tuttavia possiamo dire che l'aumento di componenti in un sistema complesso determina un cambiamento non solo quantitativo ma anche qualitativo. Si può pensare questo nel caso esemplare di una discretizzazione virtual analog di un circuito, più si aggiungono dettagli più ci si avvicina al comportamento nel mondo analogico.

- Warren, more is different 1972.

BIBLIOGRAFIA:

Heylighen Francis, Joslyn Cliff -

Cybernetics and Second-Order Cybernetics.

Chiusoli Simone - La mappa logistica come caso di studio per
riflettere sull'interdisciplinarietà nei sistemi complessi.

Clutterbuck Tristan, Mudd Tom, Sanfilippo D. - A Practical and Theoretical
Introduction to Chaotic Musical Systems.

Di Scipio Agostino - 'Sound is the interface' from interactive to ecosystemic
signal processing.

Di Scipio Agostino - Listening to Yourself through the Otherself On Background
Noise Study.

Di Scipio Agostino - The Politics of Sound and the Biopolitics of Music Weaving
together sound-making, irreducible listening, and the physical and cultural
environment.

Manousakis Stelios - Musical Cybernetics - The Human And The Computational.

Phivos-Angelos KOLLIAS - Music and Systems Thinking.

Pickles Daren - Cybernetics in Music (PhD).

Sanfilippo Dario - Complex Musical Behaviours via Time-Variant Audio Feedback
Networks and Distributed Adaptation - a Study of Autopoietic Infrastructures for
Real-Time Performance Systems (PhD).

Sanfilippo Dario - Dynamical infrastructures and multi-adaptivity: higher
degrees of variety and complexity in autonomous music feedback systems

Sanfilippo Dario, Valle Andrea - Feedback Systems An Analytical Framework.

Sanfilippo Dario, Valle Andrea - Towards a typology of feedback systems.

Wiener Norbert - La cibernetica. Controllo e comunicazione nell'animale e nella
macchina (1982, Il Saggiatore).

Wiener Norbert - The Human Use of Human Beings Cybernetics and Society.

Wishart Trevor - On Sonic Art (Contemporary Music Studies).