



Oggetto: Programma Short Term Mobility 2008 /relazione scientifica finale
VALERIO SPERATI.

Durante il periodo compreso tra l'11/02/08 e lo 02/05/08, sono stato ospitato presso l'istituto ICT–CSIRO Centre, Macquarie University, Sydney (Australia). Sotto la supervisione del Dr. Mikhail Prokopenko (*Senior Research Assistant*), ed in collaborazione con Joseph Lizier (*PhD student in Information Tecnology*) e di Peter Wang (*Software Engineer*) ho potuto approfondire le mie conoscenze circa l'utilizzo di recenti misure sviluppate nell'ambito della Teoria dell'Informazione. Più in particolare, ho osservato come queste misure siano state applicate con successo nella analisi delle dinamiche computazionali che si possono osservare in sistemi complessi come gli automi cellulari o CA. Misure come la *Excess Entropy*, la *Entropy Rate*, la *Active Information*, la *Local Transfer Entropy* (tutte derivate dalla equazione della entropia dell'informazione di Shannon), sembrerebbero essere in grado di quantificare i tre processi fondamentali della computazione universale: conservazione della informazione (o memoria), trasmissione dell'informazione, sua modificazione. Tali processi sono considerati fondamentali in quanto un qualsiasi sistema che sia da essi caratterizzato, è formalmente in grado di produrre qualsiasi computazione, ovvero è analogo ad una Macchina di Turing Universale. Relativamente ai CA, questo equivale ad osservare durante l'evoluzione temporale del sistema, la formazione di pattern spaziali e temporali non banali, ossia che non sono né totalmente caotici né totalmente prevedibili (un esempio ben conosciuto di tale comportamento è quello che si osserva nel CA unidimensionale governato dalla 'regola 110', secondo la denominazione di Stephen Wolfram).

Una recente ipotesi scientifica che molti laboratori nel mondo stanno attualmente analizzando (compreso lo CSIRO), è che l'evoluzione naturale spinga i sistemi fisici a sviluppare una 'miscela' corretta di queste tre primitive funzioni. Facendo una analogia con gli automi cellulari, strutture complesse che si osservano in natura come i sistemi viventi, sarebbero caratterizzate da un delicatissimo equilibrio tra questi tre processi. Per testare questa ipotesi, chiamata anche *Information Driven Evolution*, una via è quella di osservare i risultati della evoluzione artificiale di un sistema di agenti, quando come criterio di fitness è scelta una (o più) delle misure informazionali precedentemente citate.

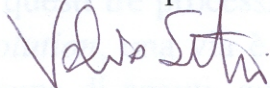
Ad esempio, allo CSIRO è stato dimostrato come la massimizzazione della *Excess Entropy* (una misura che 'cattura' i processi di memoria della informazione), applicate ad un serpente robotico simulato chiamato *Snakebot*, porti allo sviluppo in esso di capacità motorie altamente efficaci e flessibili, che ben si adattano a differenti tipi di terreno.

Nel periodo da me trascorso presso lo CSIRO, abbiamo tentato di sottoporre ad evoluzione artificiale un'altra misura derivata dalla Teoria della Informazione: la *Transfer Entropy*: essa quantifica la trasmissione della informazione tra un agente ed un altro, ossia la loro influenza reciproca. Una serie di esperimenti condotti in parallelo sia sul setup dello *Snakebot*, sia sul setup di *Evorobot* (un programma di simulazione di agenti sviluppato a Roma presso l'ISTC-CNR da Stefano Nolfi, e da me modificato), ha purtroppo dato fino adesso esito negativo: la massimizzazione di una tale misura tramite algoritmi genetici non sembrerebbe portare ad alcun comportamento utile. La motivazione più probabile per questi risultati è che tale misura da sola non basti per osservare comportamenti interessanti; essa plausibilmente deve essere affiancata da altre misure informazionali, che rilevino ad esempio processi di memoria, ossia la presenza di pattern spaziali e temporali da poter trasmettere da un agente all'altro. Una seconda possibilità per l'esito negativo degli esperimenti, è che il setup di *Evorobot* sia effettivamente poco adatto per esperimenti di questo tipo. Nei prossimi mesi, mantenendomi in contatto col dr. Mikhail Prokopenko, Joseph Lizier e Peter Wang, porterò avanti la sperimentazione su *Evorobot*, per capire quale delle due motivazioni sia alla base degli scarsi risultati ottenuti finora.

Negli ultimi giorni della mia permanenza presso lo CSIRO, abbiamo tentato di sottoporre ad evoluzione artificiale anche un'altra misura informazionale, chiamata *Statistical Complexity* (sempre applicandola al programma *Evorobot*). Molto brevemente, tale misura quantifica quanto un processo stocastico sia difficile da descrivere: dinamiche casuali (come un lancio di dado), oppure estremamente semplici (come una serie numerica che si ripete nel tempo) sono caratterizzate da valori di *Statistical Complexity* molto bassi, prossimi allo 0. Alti valori di *Statistical Complexity* descrivono quindi dinamiche non banali e relativamente complesse. Applicando questa misura al comportamento di uno o più agenti artificiali in *Evorobot*, l'evoluzione artificiale è sembrata lavorare in maniera migliore e più chiara, selezionando pattern comportamentali (motori), complessi, benché per adesso non finalizzati ad alcuna azione utile. E' plausibile che affiancando alla *Statistical Complexity* altre misure informazionali, si possano ottenere comportamenti finalizzati non banali. La sperimentazione in tal caso è solo all'inizio, e necessiterà quindi di essere portata avanti nei prossimi mesi.

fruitore:

Valerio Sperati



Roma 16/05/08

proponente:

Stefano Nolfi

