

Manifesto per un Gruppo di Attività SIMAI

Metodi e Modelli Matematici per Sistemi Complessi

Mathematical Methods and Models for Complex Systems

Missione

Il Gruppo di Attività è finalizzato a promuovere e coordinare le attività di ricerca su metodi e modelli matematici per lo studio dei sistemi complessi con particolare attenzione ai sistemi viventi. La missione del gruppo di attività è rivolta allo sviluppo di metodi matematici, e metodi delle scienze statistiche, riferiti a specifiche applicazioni, per lo studio di sistemi (costituiti da molti elementi interagenti) il cui comportamento collettivo non è riferibile in modo diretto alla dinamica dei singoli elementi. Le interazioni fra questi conducono a comportamenti emergenti osservabili qualitativamente ma non sempre ripetuti a livello quantitativo.

In alcuni casi, ad esempio la dinamica degli sciami, sistemi complessi sono soggetti a grandi deviazioni. Una sfida di particolare interesse è la previsione di eventi non prevedibili, fino al “cigno nero” di Taleb.

Le applicazioni sono molteplici, come anche rappresentato nel seguito del manifesto. Fra le molte: dinamica sociale, dinamica traffico e folle, mercati finanziari, reti di comunicazione, sistemi biologici.

Il Gruppo di attività si pone come obiettivo quello di sviluppare, a partire dalle applicazioni, metodi matematici idonei a cogliere gli aspetti rilevanti della complessità. Obiettivo principale è di contribuire allo sviluppo di una teoria matematica nelle scienze della vita. Questa è da considerarsi una delle sfide importanti che coinvolgeranno la matematica di questo secolo.

Motivazioni e riferimenti

Unraveling *Complex* Systems. We are surrounded by complex systems. Familiar examples include power grids, transportation systems, financial markets, the Internet, and structures underlying everything from the environment to cells in our bodies. Mathematics and statistics can guide us in understanding these systems in enhancing their reliability and improving their performance. (From <http://www.mathaware.org>).

Interest to introduce modeling of individual behaviors in socio-economical sciences.

In the last years a radical philosophical change has been undergoing in economic disciplines. The reconciliation among economics, psychology and sociology, has been taking place thanks to the new cognitive approach towards economics in general. New branches of economics that are much more connected to sociology and psychology, than it used to be, are emerging. Starting from the concept of bounded rationalities, critiques to the traditional rational economic behavior lead to the idea of Economics as a discipline highly affected by individual behaviors (rational or irrational), reactions and interactions. This innovative approach

developed the idea of the Economy as an evolving complex system where heterogeneous individuals interact to produce emerging unpredictable outcomes.

E. Kant. Living Systems: Special structures organized and with the ability to chase a purpose (*Critique de la Raison Pure*, 1790 – Traduction française, Press Univ. de France, 1967).

L. H. Hartwell (Nobel laureate 2001). Although living systems obey the laws of physics and chemistry, the notion of function or purpose differentiate biology from other natural sciences. Organisms exist to reproduce, whereas, outside religious belief rocks and stars have no purpose. Selection for function has produced the living cell, with a unique set of properties which distinguish it from inanimate systems of interacting molecules. Cells exist far from thermal equilibrium by harvesting energy from their environment. (*Nature*, 1999).

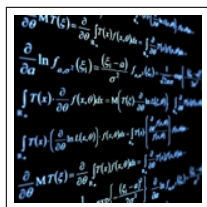
R. May. In the physical sciences, mathematical theory and experimental investigation have always marched together. Mathematics has been less intrusive in the life sciences, possibly because they have been until recently descriptive, lacking the invariance principles and fundamental natural constants of physics. (*Science*, 2003).

G. Jona Lasinio. La vita rappresenta una fase avanzata di un processo evolutivo e selettivo. Mi pare difficile spiegare il vivente ignorando la sua dimensione storica. La dinamica delle popolazioni, di cui esiste una teoria matematica ancora in uno stato abbastanza primitivo dovrà spiegare l'emergere per selezione delle dinamiche proprie del singolo vivente. (*Quaderni della Scuola Normale Pisa*).

N. B., H. Berestycki, F. Brezzi, J. P. Nadal. The study of complex systems, namely systems of many individuals interacting in a non-linear manner, has received in recent years a remarkable increase of interest among applied mathematicians, physicists as well as researchers in various other fields as economy or social sciences. Their collective overall behavior is determined by the dynamics of their interactions. On the other hand, a traditional modeling of individual dynamics does not lead in a straightforward way to a mathematical description of collective emerging behaviors. In particular, it is very difficult to understand and model these systems based on the sole description of the dynamics and interactions of a few individual entities localized in space and time. (*Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 2010)

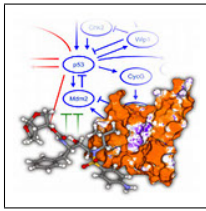
N.N . Taleb ‘A Black Swan is a highly improbable event with three principal characteristics: It is unpredictable; it carries a massive impact; and, after the fact, we concoct an explanation that makes it appear less random, and more predictable, than it was.

Metodi e ambiti di applicazione



Nuovi metodi matematici per la sfida della complessità

- modelli matematici per sistemi complessi
- metodi multiscala
- calcolo scientifico
- metodi della statistica matematica



Sistemi biologici



Applicazioni alle
scienze
dell'ingegneria



Sistemi sociali



Dinamica delle folle
e traffico veicolare



Swarms

Promotori

- Fabio Bagarello (Palermo)
- Armando Bazzani (Bologna)
- Nicola Bellomo (Torino Politecnico)
- Maria Letizia Bertotti (Bolzano)
- Pierluigi Contucci (Bologna)
- Vincenzo Coscia (Ferrara)
- Elena De Angelis (Torino Politecnico)
- Mirko degli Esposti (Bologna)
- Silvana De Lillo (Perugia)
- Luisa Fermo (Torino Politecnico)
- Paolo Freguglia (L'Aquila)
- Enrico Rogora (Roma La Sapienza)
- Laura Sacerdote (Università di Torino)
- Andrea Tosin (CNR IAC Roma)