

TESI MAGISTRALE

Upscaling Biodiversity of Ecosystem: a statistical physics approach

Tipo di tesi Teorica (eventualmente con Analisi Dati)

Relatore: Amos Maritan- E-mail : amos.maritan@pd.infn.it

Co-relatore: Samir Suweis - E-mail : suweis@pd.infn.it

Life on Earth is characterised by an amazing variety of living forms which are in continuous evolution to better adapt to the surrounding environment and highly connected one to the other. A deep investigation of different living systems has recently been favoured by the huge quantity of data nowadays available. In this thesis the student will tackle the problem of inferring the total biodiversity of an ecosystem when only scattered samples are observed. In particular, she/he will study a novel analytical framework which, by exploiting the scaling invariance property of the negative binomial distribution, generates accurate and robust predictions. He/she will apply it on ecological systems of interest, comparing the estimates over different sampling times. She/he will investigate how natural and/or human-dictated landscape changes affect the predicted global ecological patterns.

Emergent Structure of Ecological Networks

Tipo di tesi Teorico, Computazionale (Research)

Relatore: Samir Suweis - E-mail: suweis@pd.infn.it

Correlatore: Amos Maritan- E-mail : amos.maritan@pd.infn.it

Ecologists in the last decades started to collect several data on real ecological networks (e.g. interaction web database). They can be divided into two classes: 1) Mutualistic networks, where interaction between two species is beneficial for the survival and reproduction of both of them (such as animal pollinators and flowering plants); 2) Trophic (or Antagonist) networks, that maps which species eat which other species (food web). Several studies have investigated the characteristic "architecture" for these two type of networks. It has been proposed that each one of the these types of network is characterized by a particular topological emergent property. Researchers find a common, well-defined network architecture regardless of the type of species composition, latitude, and other variables. In this thesis the student is encouraged to work along this line of research, testing new proposed null model, and applying new theoretical description of multi-layers networks known as Multiplex.

Dalla metagenomica all'ecologia

Tipo di tesi Teorico (Research)

Relatore: Samir Suweis - E-mail : Relatore: Amos Maritan- E-mail :

Co-relatore: amos.maritan@pd.infn.itsuweis@pd.infn.it

Gli ecosistemi sono sistemi complessi: gli individui interagiscono tra loro su scale (di lunghezza e temporali) assai diverse tra loro. Questi sistemi mostrano sorprendenti comportamenti universali (ossia indipendenti dai dettagli del sistema osservato). Questi pattern possono essere spiegati utilizzando un approccio basato su processi stocastici e idee della meccanica statistica, che vanno sotto il nome di teoria neutrale. Analoghe proprietà emergenti sono anche osservabili nell'organizzazione dei genomi. Negli ultimi anni sta crescendo la disponibilità di dati di metagenomica, in cui interi ecosistemi vengono sequenziati. Nasce quindi la possibilità di legare i pattern alla microscala (genomica) con quelli alla macroscala (ecologia). In questa tesi si vogliono studiare i pattern che nascono dall'interazione tra le due scale, ossia gli effetti ecologici sulle proprietà

genomiche e come i pattern ecologici sono influenzati dalla diversità genomica. Le proprietà osservate saranno studiate teoricamente nell'ambito della teoria neutrale.

Informazione è energia: dai teoremi di fluttuazioni generalizzati all'efficienza della chemiotassi nei batteri

Tipo di tesi Teorico (Research)

Relatore: Amos Maritan- E-mail : amos.maritan@pd.infn.it

Il diavoleto di Maxwell è capace di pompare calore da un ambiente isoterma trasformandolo in lavoro. Dopo una lunga e intensa controversia, venne chiarificato che un tale sistema non contraddice il secondo principio della termodinamica, suggerendo che è possibile convertire informazione in energia libera. Tale conversione tra energia e informazione è stata ben formalizzata nell'ambito del "feedback control", ambito in cui sono stati ricavati teoremi di fluttuazione generalizzati e conferme sperimentali. Sistemi che attuano un feedback control, sono sistemi che, durante una dinamica stocastica, compiono delle misure sul proprio stato attuando un feedback sulla dinamica stessa.

L'obiettivo della tesi è applicare tale formalismo ai sistemi viventi, che per loro natura misurano e compiono decisioni. In particolare ci si concentrerà sulla strategia che il batterio E. Coli adotta per muoversi nello spazio per seguire gradienti chimici (chemiotassi). Questa strategia è stata ben descritta teoricamente e se ne conoscono le caratteristiche fisiologiche e molecolari. Durante la tesi si tenterà di applicare la teoria delle fluttuazioni generalizzate alla chemiotassi di E. Coli, per studiarne l'efficienza in termini di bilancio tra energia e informazione.

Applicazione dei Random Walks negli studi di sostenibilità ambientale.

Relatore: Samir Suweis- E-mail : suweis@pd.infn.it

In scienze ambientali, un problema di fondamentale interesse è valutare la sostenibilità di una data risorsa naturale. Per esempio, l'estrazione d'acqua dalla falda acquifera è spesso una sorgente di cruciale per soddisfare il fabbisogno idrico di una città o di uno stato. Allo stesso tempo, l'unico modo di "ricaricare" la falda è attraverso la pioggia, che percola nel terreno e si deposita nella falda. In questa tesi si vogliono sviluppare semplici modelli stocastici con lo scopo di stimare la sostenibilità di utilizzo di diverse risorse naturali, quali per esempio le falde acquifere. I modelli sviluppati sono mappabili in problemi di random walks con diverse condizioni al contorno, di cui stimare i tempi di ricorrenze, o le hitting probabilities.

TESI TRIENNALE

Il Voter Model cooperativo

Tipo di tesi Teorico

Relatore: Amos Maritan- E-mail : amos.maritan@pd.infn.it

Correlatore: Samir Suweis - E-mail : suweis@pd.infn.it

Il voter model, è un modello di statistica fuori dall'equilibrio, sviluppato per studiare il raggiungimento o meno del consenso di un dato sistema sociale. Lo stesso modello però risulta molto utile per lo studio della dinamica degli ecosistemi, e in particolare per capire la possibilità di coesistenza di diverse specie. In questa tesi lo studente studierà il Voter Model, e imparerà a simularlo. Inoltre, studierà alcuni recenti sviluppi che permettono di considerare gli effetti della cooperazione sulla dinamica della popolazione.

Dalla genetica delle popolazioni all'ecologia: studio dei sistemi complessi attraverso i processi stocastici.

Tipo di tesi Teorico (Literature Review)

Relatore: Samir Suweis - E-mail : suweis@pd.infn.it

Correlatore: Amos Maritan- E-mail : amos.maritan@pd.infn.it

Gli ecosistemi sono sistemi complessi: gli individui interagiscono tra loro su scale (di lunghezza e temporali) assai diverse tra loro. Sorprendentemente gli ecosistemi mostrano alcuni comportamenti universali (ossia indipendenti dal sistema che si osserva). Questi pattern sono stati brillantemente spiegati utilizzando un approccio basato su processi stocastici e idee della meccanica statistica, che vanno sotto il nome di teoria neutrale. Questa teoria, sviluppata indipendentemente in ambito ecologico, può essere mappata, nelle sue diverse forme, a diversi modelli di population genetics. La population genetics è un insieme di modelli sviluppati per lo studio dell'evoluzione del contenuto genetico di individui ("l'ecologia dei geni"). Su tali modelli esistono molte soluzioni esatte. In questa tesi si propone di studiare il rapporto tra la teoria neutrale e i risultati ottenuti in population genetics, in modo da ottenere nuove predizioni e risultati applicabili nel contesto dello studio degli ecosistemi.