

Piano di studi “Modelling, statistics and analysis of biosystems”

Schema e motivazioni

Presentazione del 24/5/2012

Motivazioni del percorso

- Introduzione ai metodi e modelli matematici usate in diverse aree della biologia:
 - Modelli deterministici e stocastici di epidemie, di dinamica di popolazione, di reti cellulari...
 - Equazioni differenziali ordinarie e a derivate parziali; processi stocastici; simulazione
 - Analisi statistica di dati
 - Ricerca di risultati qualitativi e quantitativi
- Interazione e possibilità di stage in istituti e centri di ricerca locali (FBK, FEM, Cosbi) e nazionali (ISS, IZSVe), aziende (?)

Esami previsti

I anno

I semestre	II semestre
Advanced analysis (9 CFU)	Mathematical biology (9 CFU)
Integral transforms (6 CFU)	Stochastic processes (9 CFU)
Biology 1 (6 CFU)	Biology 2 (6 CFU)
Data analysis and exploration (6 CFU)	Statistics of stochastic processes (6 CFU)
Language skills (3 CFU)	

Requisiti ragionevoli: Equazioni differenziali ordinarie; Analisi funzionale; Calcolo delle probabilità 2; Statistica matematica

Esami previsti

Il anno

I semestre	II semestre
Stochastic differential equations (6 CFU)	Tesi e stage (30 CFU)
Advanced topics in biomathematics (6 CFU)	
Corsi liberi (18 CFU)	

Corsi suggeriti per i liberi: Simulation of biological systems; Laboratory of biological data mining; Machine learning; Biomedical imaging; Numerical methods for PDE; Scientific computing.

Mathematical biology

- Classic models in population ecology
 - Growth of single populations:
 - Models of Malthus and Verhulst;
 - Generalized logistic model;
 - Allee effect ;
 - Models for the harvesting of a renewable resource;
 - Idea of modelling through a birth-and-death stochastic process.
 - Prey-predator models:
 - Volterra model
 - Prey with logistic growth
 - Functional response: Rosenzweig-MacArthur model; periodic solutions and Hopf bifurcation.
 - Construction of Holling functional response through prey handling time.
 - Effect of fishing (or harvesting): Volterra's principle.
 - The chemostat:
 - Modelling growth of a species in the chemostat;
 - Reduction to a single equation.
 - Competition among species:
 - Volterra's classic model: competitive exclusion;
 - Lotka-Volterra models: possible behaviours;
 - Definition of cooperative and competitive systems; proof of convergence in 2 dimensions;
 - Competition for 1 non-renewable resource;
 - Competition in the chemostat.
 - Models with several species and trophic levels:
 - Introduction to some interesting cases: 2 predators and 1 prey; 1 predator and 2 preys; 3 trophic levels; 3 species in non-transitive competition.
 - Models of discrete-time population growth:
 - Logistic and Ricker model: equilibria, periodic solutions, chaos;
- Models with age classes; linear case and possible extensions.
- Other areas in mathematical biology
 - Epidemic models:
 - SIS and SIR models with closed or open population;
 - Definition of R_0 and relation with the initial growth rate r of an epidemic.
 - Transmission of neural impulse:
 - biophysical background; Hodgkin-Huxley model;
 - FitzHugh-Nagumo model and an heuristic analysis.
 - Regulation of cellular cycle
 - biological background;
 - Novak-Tyson model.
 - Spatial diffusion
 - Modelling through reaction-diffusion equations;
 - Travelling-wave solutions: examples of logistic and Nagumo equation with diffusion;
 - Turing instability in reaction-diffusion systems.
- Mathematical theory
 - Main ideas in the qualitative theory for ordinary differential equations:
 - Linearized stability; stable and unstable manifold; w -limit sets, Liapunov functions and applications.
 - Poincaré-Bendixson theory. Bendixson and Dulac criteria.
 - Ideas from bifurcation theory.
 - Discrete maps:
 - Equilibria, periodic solutions, stability.

Mathematical biology

Alcune delle domande a cui si vuole rispondere

- Sotto quali condizioni l'interazione fra preda e predatore dà luogo a fluttuazioni periodiche? E qual è l'effetto della pesca (o di un pesticida)?
- Quando la competizione fra specie dà luogo ad esclusione?
- Quali sono le caratteristiche di un sistema di reazioni biochimiche che consente switch (reversibili o meno) da uno stato a un altro?
- E' possibile prevedere l'andamento di un'epidemia dall'osservazione della fase iniziale? E l'effetto di misure di controllo?
- Quali meccanismi fanno sì che la risposta di un neurone sia 0-1, nonostante l'impulso sia continuo? Come si trasmette il segnale lungo l'assone?