

Titolo elaborato: Sistemi trofici e biforcazioni

Candidato: Lorenzo Maffi

Relatore: Prof. Duccio Fanelli (duccio.fanelli@unifi.it)

Correlatore: Dott. Massimo Materassi (massimo.materassi@isc.cnr.it)

La *dinamica delle popolazioni*, o *ecologia di popolazione*, è lo studio quantitativo di come e perché evolvono nel tempo sia la *taglia* di una o più popolazioni, ovvero il numero di individui, sia la distribuzione spaziale di questi. Con il termine “popolazione” si intende un gruppo di individui di una stessa specie che vivono in uno stesso ambiente.

La dinamica delle popolazioni nasce come branca dominante della biologia matematica più di due secoli fa, nel 1798, quando l'economista Thomas Robert Malthus si interessò alle questioni demografiche dell'epoca. Negli ultimi 50 anni il campo d'investigazione dell'ecologia di popolazione si è allargato notevolmente partendo da basi teoriche sempre più consolidate.

I livelli di analisi dell'ecologia di popolazione sono due. Il primo riguarda la conoscenza dei meccanismi d'interazione di un'unica popolazione con tutti i fattori esterni che ne cambiano la dinamica, come l'ambiente o eventuali altre specie. Tuttavia, per l'analisi della dinamica di un numero di popolazioni maggiore di uno, abbiamo bisogno di un secondo livello riguardante la conoscenza della *rete trofica*, ovvero l'insieme di tutti i legami determinanti per la dinamica di ciascuna popolazione della comunità. La rete trofica determina il *sistema trofico*, definito come l'ecosistema di cui si conoscono le interazioni interne tra le varie componenti.

La presente tesi si propone di analizzare il formalismo e le applicazioni dell'ecologia di popolazione moderna. Nel Capitolo 1 vedremo come sia necessario, per lo studio dei sistemi trofici, disporre di un adeguato formalismo matematico, maneggevole e facilmente interpretabile biologicamente, le cui molteplici forme costituiscono i cosiddetti *modelli ecologici*. Questi fanno da cornice ad una scienza approfondita dal punto di vista teorico e sperimentale. Di ciascun modello studieremo sia le assunzioni fondamentali, sia le criticità teoriche ed empiriche, delineando così l'ambito di condizioni necessarie alla validità di ognuno. L'obiettivo, come abbiamo già detto, è conoscere la dipendenza del numero di individui di una popolazione dalle coordinate spaziali e temporali. Formalizzeremo pertanto il sistema scrivendo la variazione della taglia e considerando tutti i processi determinanti per la sua dinamica. La diversa scrittura in forma matematica di tali processi differenzierà i modelli. Approfondiremo, in particolare, i processi che legano una popolazione-risorsa al proprio consumatore, essendo questi basilari per la costruzione di sistemi multitrofici.

I modelli ecologici permettono anche di predire il comportamento di un ecosistema, supponendo valido, sulla base di considerazioni di carattere ecologico, il modello teorico considerato e integrando, in seguito, il sistema numericamente. Uno studio analitico del problema, escluso per ecosistemi semplici, risulta infatti complicato, tanto da rendere necessario il ricorso a simulazioni numeriche. Nel Capitolo 2 discuteremo, dunque, quali siano gli strumenti adatti per comprendere i dati numerici e quali siano i risultati più importanti per i modelli principali. Negli ultimi anni, infatti, la dinamica delle popolazioni sta aprendo le porte alla teoria dei sistemi dinamici, necessaria per comprendere i risultati numerici. Il capitolo analizzerà pertanto come sia possibile applicare tale teoria e, in particolare, si soffermerà sul fenomeno della *biforcazione*. Quest'ultima riguarda un cambiamento qualitativamente rilevante del comportamento dinamico del sistema, dovuto a variazioni dei parametri adottati nel modello. La teoria delle biforcazioni di un sistema dinamico si presenta allora come strumento ottimale per approntare logiche di *gestione adattativa* su ecosistemi d'interesse ecologico. Infatti, alcuni parametri biologici del modello possono essere controllati dall'esterno, influenzando così la dinamica dell'ecosistema in questione. Inoltre, scopriremo che la maggior parte dei modelli ecologici presenta delle forti non linearità che possono determinare andamenti imprevedibili e caotici del sistema risolto numericamente. Infine, studieremo i risultati ottenuti per un ecosistema reale, l'*Ecosistema Nord-Appenninico*.