

IL CONTRIBUTO DELLA NETWORK ANALYSIS NELLE INDAGINI A LIVELLO DI ECOSISTEMA. UN CASO DI STUDIO

THE CONTRIBUTION OF NETWORK ANALYSIS TO ECOSYSTEM INVESTIGATION. A CASE STUDY

C. Bondavalli¹, A. Bodini², R.E. Ulanowicz¹

¹ Chesapeake Biological Laboratories, University of Maryland, Solomons, MD 20688-0038; ² Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Parma, Viale delle Scienze, 43100 Parma

Abstract

The Cypress Swamps ecosystem has been studied using network analysis. Results indicate that in this ecosystem, commonly perceived as detritus based, there are compartments which receive energy from pathways that do not involve detritus. Results of impact analysis show that predator-prey relationships are strongly influenced by indirect factors which can modify the overall effect of predators upon their prey.

Keywords: Cypress Swamps ecosystem, network analysis, trophic impact

Introduzione

La possibilità di gestire in modo razionale gli ecosistemi è anche legata alla conoscenza dei meccanismi con i quali materia ed energia vengono trasferite e accumulate. Questo obiettivo non è di facile raggiungimento soprattutto in ragione degli intricati percorsi che si realizzano negli ecosistemi, attraverso cui esseri viventi e comparti abiotici interagiscono. In questo contesto diventa di primaria importanza disporre di metodi per tracciare le vie preferenziali di trasferimento, evidenziare gli effetti indiretti tra i vari comparti, che spesso si rivelano determinanti per le dinamiche globali, e tipizzare dal punto di vista trofo-dinamico le interazioni tra le specie. I metodi della network analysis (Ulanowicz, 1986) si sono rivelati appropriati per sviluppare questo tipo di conoscenze. In questo lavoro sono riassunti alcuni risultati ottenuti applicando la network analysis allo studio degli ecosistemi delle Cypress Swamps, zone umide localizzate nello stato della Florida (USA). Questi ecosistemi si caratterizzano per la dominanza di *Taxodium* sp. e per la presenza di acqua per tutto l'arco dell'anno, acqua che viene accumulata durante la stagione umida, che va da maggio a ottobre. La caratterizzazione trofo-dinamica di questo ecosistema varia in relazione ai periodi, e pertanto sono stati costruiti due networks, uno relativo alla stagione secca, l'altro alla stagione umida. I risultati presentati di seguito fanno riferimento alla stagione umida.

Materiali e Metodi

La "network analysis" estende ai sistemi ecologici i metodi della analisi "input-output" sviluppata da Leontief (1951) per i sistemi economici. Le prime applicazioni in ecologia si devono a Hannon (1973), ma solo di recente questi metodi sono stati sviluppati e raffinati nel tentativo di elaborare una teoria coerente degli ecosistemi (Ulanowicz, 1986). Nella "network analysis" gli ecosiste-

mi sono rappresentati come collezione di nodi o compartimenti cui sono associati dei flussi di materia/energia. I compartimenti rappresentano entità non viventi (es. detrito), singole specie, o aggregazioni funzionali (per lo più dal punto di vista trofo-dinamico) di specie. Ciascun compartimento si caratterizza per un flusso in entrata, dovuto alle interazioni che esso stabilisce all'interno del sistema, oppure proveniente dall'esterno del sistema. I flussi in uscita sono dovuti a fenomeni dissipativi, esportazione al di fuori del sistema o a scambio trofico verso un altro comparto. I flussi sono espressi in $\text{gr m}^{-2} \text{a}^{-1}$ di carbonio, mentre le biomasse dei singoli comparti sono espresse in gr m^{-2} . Una semplice rappresentazione di un network è data in Fig. 1. Per ulteriori dettagli si consulti Kay *et al.* (1989).

La determinazione dei valori dei flussi e delle biomasse per l'ecosistema delle Cypress Swamps ha richiesto sia rilievi sul campo che consultazione di una vasta letteratura specializzata, nonché la consulenza di esperti per individuare le connessioni più significative e le modalità di aggregazione delle singole specie in compartimenti. L'ecosistema in esame ha prodotto un network di 68 comparti sui quali è stata condotta l'analisi mediante il software NETWRK4 e relative estensioni (Ulanowicz, 1987).

Risultati e Discussione

Tra le possibilità offerte da NETWRK4 di particolare interesse sono l'analisi strutturale e l'"impact analysis". La prima, mediante la costruzione della cosiddetta "total dependency matrix", permette di evidenziare il ruolo dei diversi comparti nel trasferimento di energia all'interno dell'ecosistema. Mediante l'"impact analysis" è possibile studiare in dettaglio l'impatto netto che un certo comparto esercita su un altro, sommando sia i contributi diretti per interazione che quelli indiretti, mediati cioè da altri comparti. In Tab. 1 è riportata una versione parziale e trasposta (in senso matriciale) rispetto all'originale della

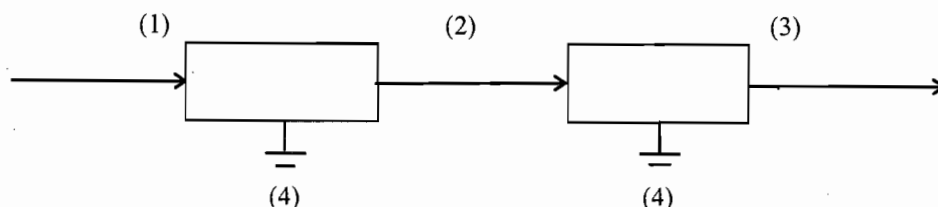


Figura 1. Semplice network composto da 2 compartimenti e dalle 4 classi di flussi : (1) input dall'esterno, (2) flusso trofico, (3) export, (4) dissipazione.

“total dependency matrix” prodotta dal programma NTWRK4. In essa sono considerati solo gli stadi finali del flusso della materia, cioè quelli facenti capo ai predatori terminali e a quelle specie che, pur non essendo dei predatori, si collocano al termine del flusso di energia (es. *Ursus americanus*). Le righe sono relative ai compartimenti terminali, mentre le colonne si riferiscono ai compartimenti detrito e produttori primari. Ciascun coefficiente nella tabella rappresenta la frazione (in percento) di carbonio sul totale in arrivo al singolo compartimento di riga transitata attraverso il compartimento di colonna. Valori superiori al 100% sono possibili per effetto della aggregazione dei compartimenti,

effettuata per ragioni di spazio (es. il detrito nella matrice originale si compone di tre distinti compartimenti, che sono stati aggregati nella versione condensata di Tab. 1).

L'ecosistema delle swamps, comunemente ritenuto a spiccata dipendenza dal detrito, mostra rilevanti eccezioni rispetto a questo trend, evidenziate dall'analisi strutturale. In particolare per la linx (*Linx rufus*), la pantera (*Felis concolor*), la volpe grigia (*Urocyon cinereoargenteus*), l'orso (*Ursus Americanus*) la frazione di carbonio che transita nel compartimento del detrito è inferiore al 30%, con punte estremamente basse per la linx. Oltre a questi risultati la “total dependency matrix” mostra che

Tabella 1. Versione ridotta della “total dependency matrix” riferita ai compartimenti terminali dell'ecosistema Cypress Swamps.

COMPARTO	Detrito	Produttori Primari
Pelecaniformes	89.29	99.75
Cathartidae	174	98.72
Accipitridae	88.73	99.75
<i>Mycteria am.</i>	88	99.75
Strigiformes	88.76	99.54
Trochilidae	31.9	99.72
<i>Didelphis mars.</i>	88.37	99.98
Chiroptera	60.96	99.94
<i>Ursus am.</i>	11.47	100
<i>Urocyon cin.</i>	26.34	99.97
<i>Lontra can.</i>	90.5	99.91
<i>Felis conc.</i>	21.37	99.99
<i>Linx rufus</i>	2.54	99.98

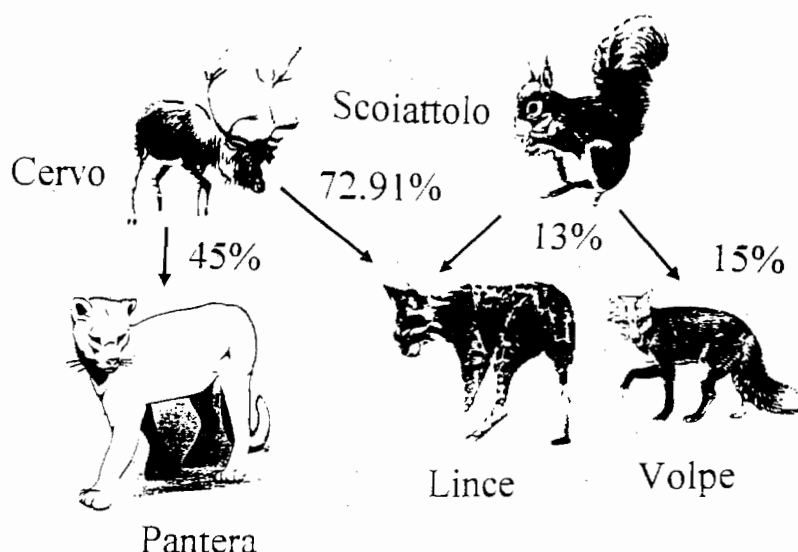


Figura 2. Vie di trasferimento dell'energia verso i predatori terminali non dipendenti dal detrito.

l'ecosistema sostiene specie totalmente dipendenti dal pascolo, come il cervo (*Odocoileus virginianus*) e lo scoiattolo (*Sciurus carolinensis*, *Sciurus niger*), per i quali la frazione di materia che transita nel comparto del detrito è pressoché nulla. In base ai risultati della analisi strutturale è possibile configurare una rete ridotta che evidenzia in modo riassuntivo le vie principali di trasferimento lungo la catena del pascolo per i predatori terminali (lince, volpe, pantera). La struttura è data in Fig. 2. I valori numerici si riferiscono alla percentuale di materia che transita attraverso il comparto di uscita.

L' "impact analysis" ha evidenziato che il ruolo effettivo di alcuni predatori non può essere compreso in modo intuitivo a partire dall'osservazione. L'alligatore

(*Alligator mississippiensis*), pur esercitando una pressione di predazione sul comparto dei roditori (*Peromyscus gossypinus*, *Sigmodon hispidus*) presenta un effetto complessivo positivo su tale comparto, e questo in funzione della molteplicità di percorsi cui esso partecipa. Per esempio l'alligatore è coinvolto in un rapporto di interferenza reciproca con alcune specie di rettili (*Nerodia floridiana*, *Seminatrix pygaea*), che, a loro volta, si nutrono dal comparto dei roditori, come evidenziato dal network di Fig. 3. Il risultato netto è un impatto positivo sui roditori per i quali l'alligatore svolge quindi la funzione di "beneficial predator" (Fig. 4). L' "impact analysis" ha evidenziato molti casi di "beneficial predators" in questo ecosistema.

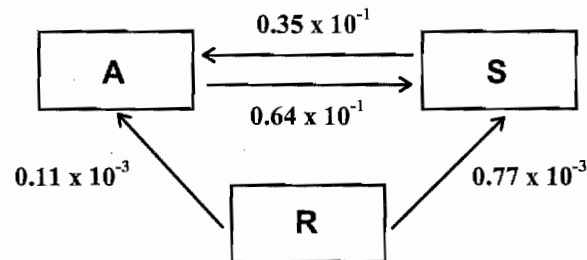


Figura 3. Network dei flussi ($\text{gr m}^{-2} \text{a}^{-1}$) tra alligatori (A), rettili (S) e roditori (R).

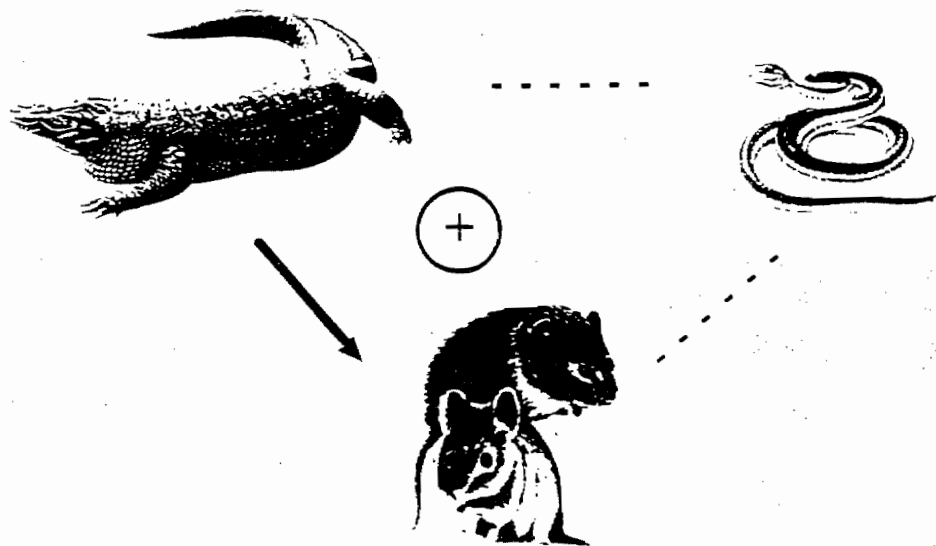


Figura 4. Alligatore come "beneficial predator" per il comparto dei roditori.

Bibliografia

- Hannon B., 1973. The structure of ecosystems. *Journal of Theoretical Biology* 41: 535-546.
- Kay J.I., L.A. Graham, R.E. Ulanowicz, 1989. A detailed guide to network analysis. In: Wulff F., J.G. Field, K.H. Mann (eds), *Network Analysis in Marine Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Leontief W., 1951. *The Structure of the American Economy, 1919-1939*. Oxford University Press, New York.
- Ulanowicz R.E., 1986. *Growth and Development: Ecosystem Phenomenology*. Springer-Verlag, New York.
- Ulanowicz R.E., 1987. *NETWRK4: A Package of Computer Algorithms to Analyze Ecological Flow Networks*. University of Maryland, Chesapeake Bay Laboratory, Solomons, Maryland.

