

INDICI AMBIENTALI APPLICABILI ALLO STUDIO DELLA FAUNA ORNITICA

SERGIO MALCEVSCI
MAURO FASOLA

Dipartimento Biologia Animale
P.za Bottà 9 - 27100 Pavia

ABSTRACT. Si esaminano alcune potenzialità teoriche dell'uso dell'ornitofauna per la costruzione di indici sintetici, cioè di strumenti che esprimono entità non misurabili in sé, combinando le indicazioni delle singole specie ornitiche. Dopo una rassegna dei gruppi di indici già in uso comune (di struttura delle comunità, di nicchia ecologica, di somiglianza) sono proposti, in termini generali, nuovi indicatori per caratteristiche di: criticità dei fattori limitanti, maturità serale, valore naturalistico, scientifico, didattico, economico, potenzialità ambientale. Sono suggeriti alcuni meccanismi di calcolo. Gli indici proposti possono essere utilizzati sia per approcci teorici sia per applicazioni di valutazione e gestione delle risorse naturali. Il loro sviluppo richiederà però tarature e sperimentazioni.

KEY WORDS: conservation/diversity/ecosystem/indicator/management.

La presenza non occasionale di una data specie in un determinato luogo può suggerire l'esistenza di realtà che trascendono il fenomeno puro e semplice. Ad esempio la presenza di specie mediterranee nella pianura Padana (Beccamoschino *Cisticola juncidis* e Occhocotto *Sylvia melanocephala*) suggerisce recenti andamenti climatici favorevoli, o la presenza di oasi xerothermiche; l'abbondanza di avvoltoi può indicare la persistenza di particolari forme di pastorizia nella zona.

Le singole osservazioni possono funzionare cioè come *indicatori*, ovvero come strumento per individuare e descrivere entità complesse, non ancora misurate direttamente.

Di particolare interesse è analizzare come un'intera taxicenosi, in questo caso l'intera ornitofauna, possa assumere significato indicatore. E' ragionevole che il complesso delle informazioni sulle singole specie possa fornire valutazioni sintetiche su entità non misurabili, come il "comportamento della biocenosi", o l'"ecosistema" complessivo. Ciò è possibile mediante *indici*, ossia strumenti che esprimano lo stato dell'entità non misurabile combinando in modo logicamente e formalmente adeguato le indicazioni del complesso delle singole specie. L'indice di uso più immediato per un ornitologo è la ricchezza di specie (vedi paragrafo "Struttura delle comunità"): osservare molte specie in una stazione indica favorevoli condizioni ambientali ed elevato valore naturalistico.

Questo articolo suggerisce alcune potenzialità dell'uso di indicatori sintetici negli studi ambientali sull'ornitofauna. Inizialmente passeremo brevemente in rassegna i principali tipi di indicatori già di uso comune in ecologia; in seguito proporremo alcuni schemi di nuovi indicatori di entità come il "valore naturalistico" o la "susceptibilità ambientale". Si tratta di entità sovente utilizzate come strumenti concettuali, ma stimate su basi soggettive e qualitative. Un'indicizzazione di tali entità contribuirebbe ad oggettivare i metodi di studio sia di argomenti di ricerca pura, sia di applicazioni

di gestione e conservazione naturalistica. Stiamo attualmente sperimentando alcuni indicatori per valutazioni di qualità ambientali; ci riproponiamo di descriverne l'applicazione pratica in un prossimo articolo.

CARATTERISTICHE DEGLI INDICI

Il punto di partenza è un modello concettuale del tipo:

$$SA \Rightarrow 0 \quad (1)$$

ovvero una condizione per cui, data una certa ornitofauna (0), essa sarà determinata dalle caratteristiche del sistema ambientale (SA) mediante una relazione matematica opportuna (\Rightarrow). Un indice sarà appropriato se corrisponderà ai significati dell'entità da misurare, e se sarà semplice da interpretare, in modo che gli effetti delle differenti caratteristiche osservate producano cambiamenti facilmente interpretabili nell'indice.

Differenti blocchi di indici riguardanti l'ornitofauna, dovranno essere individuati in base alle diverse caratteristiche che si vogliono indicizzare.

INDICI DI USO COMUNE

Vari blocchi di indici corrispondono a concetti di uso comune in ecologia, che elenchiamo di seguito. Questi indici sono riassunti da Odum (1971), Scossiroli et al. (1974), Daget (1976), Blondel (1979) e sono stati utilizzati in un numero elevato di ricerche sperimentali, con formulazioni particolari ma sostanzialmente equivalenti.

Struttura delle comunità

I rapporti numerici tra individui e specie che compongono le comunità sono espressi da indici, il più semplice dei quali è la *ricchezza* cioè il numero di specie componenti la comunità. Altri indici esprimono la *diversità* di composizione della comunità; tra questi il più usato è l'indice di Shannon

$$\sum p_i \log_2 p_i$$

dove p è la percentuale degli individui della comunità che appartengono alla specie i . Il valore dell'indice è 0 per un popolamento composto da una sola specie, e aumenta quanto più la comunità ha una composizione diversa. Questi indici possono esprimere caratteristiche non descrivibili verbalmente, e permettono di scoprire relazioni non immediate fra fenomeni. Mediante gli indici di diversità ad esempio è stato scoperto che la composizione delle comunità di Uccelli è determinata, in ambienti molto diversi, dalla complessità strutturale della vegetazione (Mac Arthur 1965). Indici di struttura di comunità ornitiche italiane sono stati impiegati a scopi descrittivi da Meschini (1980) e Farina (1982).

Nicchia ecologica

Il modo in cui ogni specie sfrutta le varie risorse disponibili è espresso da indici di *ampiezza* e *sovrapposizione* delle nicchie. Tali indici sono calcolabili in base alla compo-

sizione percentuale di ogni tipo delle variazioni utilizzate (diverse fonti di cibo, diversi ambienti ecc.), ed esprimono il grado di variabilità nell'uso da parte di una specie (ampiezza) e il grado di coincidenza nell'uso tra due specie (sovrapposizione). Un'analisi della nicchia spaziale di specie di cince (*Parus* sp.) in vari ambienti dell'Italia settentrionale è stata recentemente compiuta da Rolando (1982).

Lo studio dei parametri della nicchia chiarisce l'occupazione dello spazio ecologico e la distribuzione geografica delle specie (Mac Arthur 1972).

Somiglianza e corrispondenza a modelli

Il grado di somiglianza (ad esempio tra la composizione di due popolamenti) è misurabile con vari indici. La corrispondenza di distribuzioni di frequenza a modelli matematici permette di stabilire una regola indicizzata delle variazioni di un fenomeno. Ad esempio semplici modelli sono stati elaborati per descrivere la frequenza di specie in funzione dell'area censita.

NUOVI INDICI PROPOSTI

Gli ecosistemi sono considerati insieme con regole di equilibrio interno tra le varie componenti (animali, vegetazionali, detrito organico, componenti minerali interessate dai cicli biogeochimici), per i quali si può ipotizzare un processo co-evolutivo unitario. Pare quindi lecito cercare di stimare caratteristiche del sistema ambientale complessivo.

Ricordando il modello deterministico inizialmente proposto (1) si possono utilizzare informazioni sull'ornitofauna per valutare le delle caratteristiche nell'interno sistema ambientale, nei modi seguenti:

– gli indici costruiti sull'ornitofauna possono assumere un valore complessivo nei riguardi dell'intero sistema (ad esempio si può utilizzare la stima del valore naturalistico complessivo).

– informazioni provenienti dall'ornitofauna possono concorrere con informazioni provenienti da altri settori (vegetazionale, geomorfologico ecc.) per la costruzione di indici sintetici per determinare caratteristiche.

L'indicizzazione delle caratteristiche complesse degli ecosistemi è in fase di primo approccio, e i tentativi riportati in letteratura sono scarsi.

Riteniamo che gli indici di seguito siano realizzabili concettualmente, e possano essere utili a varie applicazioni sia teoriche che pratiche. Lo sviluppo e la taratura di questi indici richiede però una futura sperimentazione.

Criticità dei fattori limitanti

I principali fattori potenzialmente limitanti per l'ornitofauna sono: clima, disponibilità di cibo o di siti di nidificazione, competizione con altre specie, predazione, disturbo. Si può ipotizzare che in un dato sistema ambientale, la loro efficacia relativa sia differente, e che la struttura della ornitofauna presente possa fornire indicazioni

sull'importanza dei vari fattori. Ad esempio un bilancio tra i gruppi di specie a diversa alimentazione presenti, fornirà indicazioni sulla carenza di determinate fonti alimentari. Si possono pensare indici che sintetizzino le informazioni relative alla limitatività di particolari fattori.

Maturità serale

Gli stadi di sviluppo naturale di un ecosistema sono accompagnati da variazioni di composizione e di funzionamento delle comunità ornitiche. Il livello di maturità all'interno dei serate, può quindi costituire un'interessante caratteristica per una data biocenosi. L'utilizzo del complesso della realtà faunistica per la costruzione di indici di maturità serale, permetterebbe la misurazione di tale caratteristica, con le relative conseguenze in termini di capacità descrittiva delle situazioni reali e di formazione di nuove ipotesi di lavoro.

Valore naturalistico, scientifico, didattico, economico

Ai fini di una adeguata pianificazione e gestione del territorio, sarebbe di particolare importanza indicizzare, cioè valutare oggettivamente, il valore naturalistico-scientifico di un'area, sia per poter individuare correttamente le zone da tutelare, sia per poter costruire Standards di riferimento da conseguire e mantenere. Tali risultati possono essere raggiunti riferendosi a una singola specie (perché emblematica, o rara, o minacciata), o più correttamente sulla base di considerazioni che riguardano l'intero patrimonio faunistico.

E' da notare che diversi sono i valori di cui si può tenere conto.

Il valore scientifico comprenderà la quantità di informazioni nuove che si possono ottenere (ad esempio nei sistemi ambientali ancora poco conosciuti), o la rarità di fonti di informazione potenziali (come gli ecosistemi relitti o gli endemismi).

Il valore naturalistico, almeno nella sua accezione comune, privilegia gli aspetti affettivi (l'uccello o il mammifero) conosciuti ed amati più che non l'invertebrato microscopico e gli aspetti etici (la specie minacciata nella zona in questione, anche se non nel suo areale complessivo).

Il valore didattico si basa soprattutto sulla emblematicità rispetto a nozioni generali, sulla spettacolarità delle specie rilevabili, sulla accessibilità concreta alle osservazioni desiderate. Si può proporre che la stima di tali valori, avvenga per mezzo di indici.

Margules & Usher (1981) elencano i criteri di valore più usati per valutare il potenziale di conservazione naturalistica. Dee et al (1972), Canter & Mill (1978), Ott (1978) propongono scale per la misura di tali valori.

Caratteristiche di potenzialità ambientali

Accettando il presupposto che le caratteristiche del sistema ambientale determinano le caratteristiche dell'ornitofauna presente, sarà anche possibile costruire un insieme di indici basati sul seguente concetto: caratteristiche del sistema ambientale potranno

servire per la costruzione di indici che esprimono potenzialità riferite all'ornitofauna. Si potranno così misurare le seguenti interessanti proprietà.

Suscettibilità dell'habitat. Dato un ambiente, si potrebbe voler stimare quanto esso sia favorevole all'insediamento di una data specie o comunità. Ad esempio, si potrebbe voler sapere a priori quanto un dato biotopo sia favorevole all'insediamento di una colonia di uccelli, o alla reintroduzione di una specie. Le stime "ad hoc" potrebbero avere interessanti conseguenze sia di tipo speculativo (si potrebbero formulare ipotesi di ricerca sull'habitat minimo), sia di tipo applicativo (si potrebbero oggettivare aspetti di ingegneria degli ecosistemi in molti problemi di gestione faunistica).

Ricettività ambientale. Mentre la precedente stima di suscettibilità era basata su scale arbitrarie di ottimalità, è anche possibile predire quantitativamente l'ornitofauna di una data zona, qualora siano sufficientemente conosciute le necessarie regole di corrispondenza, del tipo "nell'unità ambientale conosciuta X sono attesi Y esemplari della specie Z". Ad esempio sarebbe di grande interesse valutare la ricettività di selvaggina di una zona soggetta a pianificazione venatoria. Si tratta però di valutazioni difficili, poichè le densità di selvaggina sono funzione di varie caratteristiche ambientali; un tentativo di quantificazione è stato compiuto da Felettig (1976).

Potenzialità di valore. Se accanto alle densità di ogni specie (eventualmente calcolate sulla base della ricettività ambientale) poniamo un coefficiente di valore (economico, naturalistico, scientifico, didattico), potremo calcolare le potenzialità di valore di una data zona. Un esempio di coefficiente può essere il valore economico delle specie cacciabili equivalente al costo di mercato dei capi da ripopolamento.

MECCANISMI DI CALCOLO

Per gli indici già di uso comune delle caratteristiche di struttura, nicchia e somiglianza, sono state sviluppate varie formulazioni, sia semplici sia sofisticate, riassunte nelle opere citate. I meccanismi di calcolo di nuovi indici possono essere numerosi, e più o meno complicati. Per la loro semplicità e per la loro rispondenza agli obiettivi, le seguenti formule possono ben prestarsi a tradurre operativamente le caratteristiche suggerite nei paragrafi precedenti.

Medie ponderate

La formula di calcolo di un indice I può essere:

$$I = \frac{\sum K_i E_i}{\sum E_i}$$

dove E_i sono gli elementi utilizzati appartenenti ad una medesima classe di entità (ad esempio le diverse specie della ornitofauna) K_i sono i coefficienti di valore asse-

ganti ad ogni elemento. La scala di riferimento diventa in questo caso l'intervallo di variazione K_i .

Indici di questo tipo sono stati ampiamente utilizzati per valutazioni di qualità ambientali (Pantle & Buck 1953). Morton (1965), Dee *et al* (1972), O'Connor (1972). Il meccanismo di calcolo si presta particolarmente alla stima delle caratteristiche interne all'ornitofauna (insieme di elementi tra loro affini).

Data una caratteristica descrittiva per cui è lecito prevedere situazioni differenti per le diverse specie, si potranno spesso individuare classi gerarchizzate a cui assegnare le diverse specie, come ad esempio in Tab. I. Saranno necessari criteri di oggettivazione nell'assegnazione di una specie ad una data classe; in assenza di dati empirici che consentano l'attribuzione, possono essere utilizzati metodi di "consenso tra esperti" come, ad esempio, il metodo Delphi (Dalkey 1967), in cui le opinioni di un gruppo di esperti indipendenti vengono confrontate e perfezionate reciprocamente fino ad arrivare ad un massimo di consenso sui giudizi richiesti.

TABELLA I — Esempi di classi di valutazione, per tre caratteristiche ambientali

MATURITA' SERALE	CRITICITA' DI UN DATO FATTORE	VALORE NATURALISTICO, ECC.
1 Specie favorite negli stadi preliminari dell'ecosistema	Specie indifferenti al fattore in esame	Specie con valore nullo
2 Specie favorite negli stadi di sviluppo dell'ecosistema	Specie limitate dal fattore in esame	Specie con valore basso
3 Specie favorite negli stadi di maturità dell'ecosistema	Specie fortemente limitate dal fattore in esame	Specie con valore discreto
4 Specie favorite negli stadi di senescenza dell'ecosistema	Specie assenti in presenza del fattore in esame	Specie con valore molto elevato

Punteggi

Un metodo per combinare informazioni di diversa natura, ma che sono pur sempre riferite ad un medesimo referente, è quello del punteggio:

$$I = \sum K_i E_i$$

in cui E_i è un indicatore qualitativo, o un'unità di informazione. K_i , facoltativo, può assegnare pesi differenti, positivi o negativi, alle singole unità di informazione.

Indici di questo tipo si prestano particolarmente alla stima delle caratteristiche di un sistema ambientale nel suo complesso. A titolo di semplice esempio, si riportano al-

cuni indicatori qualitativi utilizzabili (Tab. II).

Sono anche qui ovviamente necessari criteri di oggettivazione nel riconoscimento delle informazioni. Di una certa delicatezza appare il problema dell'assegnazione dei pesi differenti alle diverse informazioni. Per altri gruppi di organismi, sono state fatte precise proposte metodologiche (Chandler 1970, Malcevski 1983).

TABELLA II – Esempi di indicatori qualitativi per tre componenti di informazione ambientale

VECCHIAIA DEL SISTEMA	IMPORTANZA ECOGENE- TICA DI UN DATO FATTORE LIMITANTE	VALORE NATURALI- STICO ECC. DEL SISTEMA
– Presenza non occasionale di specie ornitiche favorite negli stadi di maturità e senescenza dell'ecosistema	– Assenza di specie sensibili teoricamente presenti	– Presenza di specie ornitiche di elevato valore
– Idem per specie vegetali	– Idem per specie vegetali	– Idem per specie di artropodi
– Idem per specie di artropodi	– Idem per specie di artropodi	– Idem per altre specie animali
– Segni di vecchiaia (dominanti alberi vecchi, cavi frequenti negli alberi, ecc.)	– Tracce visibili lasciate dal fattore limitante	– Idem per specie vegetali
– Profilo pedologico maturo	– Ecc.	– Caratteristiche di rarità
– Ecc.		– Caratteristiche di spettacolarità
		– Ecc.

Prodotto ponderato

Un meccanismo di calcolo apparentemente analogo alla media ponderata, è quello del prodotto ponderato:

$$I = \prod E_i K_i$$

Il sistema è stato usato per alcuni indici di qualità delle acque (Deininger & Landwehr 1971, Walski & Parker 1974).

Anche in questo caso vengono combinati componenti (E_i) a cui sono stati assegnati pesi differenti, ma quando uno degli elementi è uguale a zero, l'intero indice è uguale a zero. Il prodotto, rispetto alla somma, può combinare elementi tra loro diversi, ma sinergici, in modo che piccole variazioni di un solo elemento possono avere grandi effetti sull'oggetto considerato. Tale meccanismo di calcolo ben si presta per la costruzione di alcuni indici di potenzialità ambientale, in particolare di quelli di suscettibi-

lità dell'habitat: l'assenza di un solo elemento essenziale dell'habitat può impedire l'insediamento di una data specie, mentre piccole variazioni in fattori limitanti possono produrre conseguenze rilevanti in termini di potenzialità di colonizzazione.

Sommatorie di elementi parziali

Si ha spesso il caso in cui si vuole attribuire una stima complessiva ad un territorio eterogeneo, composto da più unità ambientali con dimensioni e qualità differenti. In questo caso l'indice può essere del tipo:

$$I = \sum_{j=1}^m h_j E_j$$

essendo $E_j = 1$, m gli elementi componenti l'insieme in oggetto, e "h" i relativi coefficienti rispetto alla caratteristica considerata.

Indici di questo tipo possono servire per la stima di potenzialità faunistiche, essendo $j = 1, m$ le unità ambientali componenti il territorio.

Ad esempio avendo "m" unità ambientali terrestri ($j_1 =$ bosco naturale, $j_2 =$ pioppeto, ... j_m); essendo $h_1, h_2 \dots h_m$ le relative densità medie per ettaro di data specie "E" (ad esempio il Fagiano), potremo, conoscendo gli ettaraggi relativi alle diverse unità ambientali di un dato territorio, stimare la quantità complessiva di Fagiani in un dato territorio.

L'operazione può essere ripetuta per "n" specie differenti. Se attribuiamo un valore " K_i " (economico, naturalistico; ecc.) a ciascuna delle "n" specie considerate, potremo stimare il valore totale presente in un territorio con operazioni combinate del tipo:

$$I = \sum_{i=1}^n h_j k_i E_{ji}$$

Sistemi di questo tipo dunque, rispetto alle classi di indici sopra ricordate si prestano bene per le stime di recettività ambientale e di potenzialità di valore.

RESUME'

L'UTILISATION DES OISEAUX POUR LA CONSTRUCTION D'INDICES DU MILIEU

— Un indice décrit indirectement des entités non-mesurables, par des caractéristiques observables. Différents indices du milieu (de structure des communautés, de niche écologique, de similarité faunistique) sont souvent utilisés dans les études ornithologiques; l'utilisation de ces indices est brièvement resumée ici.

– Nous discutons la possibilité d'utiliser des indices pour: les facteurs limitants; la maturité des écosystèmes; la valeur naturaliste, scientifique, didactique, économique; la réceptivité du milieu. Quelques formulations générales pour ces indices sont proposées.

– Ces indices pourraient être utilisés soit pour des études théoriques soit pour l'évaluation et le ménagement des ressources naturelles. Toutefois des expérimentations ultérieures sont nécessaires avant leur utilisation dans la pratique.

SUMMARY

A DISCUSSION ON THE USE OF BIRDS FOR THE CONSTRUCTION OF ENVIRONMENTAL INDICATORS

– An index describes indirectly a certain non-measurable entity from observable characteristics. Various types of environmental indices (of community structure, ecological niche, faunal similarity) are commonly used in ornithological studies; their use is briefly summarized.

– We discuss the potential use of indices for the evaluation of: limiting factors; maturity; naturalistic, didactic, scientific, economic value; environmental receptivity. Possible general formulations of these indices are suggested.

– Such new indices would be useful, in theoretical studies, and for the evolution and management of natural resources. Further tests and experiments are needed before the proposed indices shall be used in practice.

BIBLIOGRAFIA

- BLONDEL, J. 1979. *Biogéographie et écologie*. Masson Paris.
- CANTER, L.W. & HILL, L.G. 1979. *Handbook of variables for Environmental Impact Assessment*. Ann Arbor.
- CHANDLER, J.R. 1970. A biological approach to water quality management. *Water Poll. Control* 69: 415-422.
- DAGET, J. 1976. *Les modèles mathématiques en ecologie*. Masson, Paris.
- DALKEY, N.C. 1967. *Delphi*. Report N. P – 3704. The Rand Corporation, Santa Monica, California.
- DEE, N., BAKER, J.K., DROBNY, N.L., DUKE K.M. & FAMRINGER D.C. 1972. *Environmental Evaluation System for water Resource Planning*. Report N. PB 208 822 Battelle Columbus Laboratories, Columbus, Ohio.
- DEININGER, R.A. & LANDWEHR, J.M. 1971. *A Water Quality Index for public water supplies*. Unpublished report. Departement of Environmental and Industrial Nealth, University of Michigan.
- FARINA, A. 1982. Bird community of the mediterranean forest of Migliarino (Pisa – Central Italy). *Avocetta* 6: 75-81.
- FELETTIG, D. 1976. *La riserva di caccia*. Circolo Friulano Cacciatori Sportivi, Udine.

- MAC ARTHUR, R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biol. Rev.* 40: 510-533.
- MAC ARTHUR, R.H. 1972. *Geographical ecology*. Harper & Row, New York.
- MALCEVSCHI, S. 1983. Uso di indici fisionomici per la valutazione della qualità dei corsi d'acqua. *Acqua & Aria* 2: 117-122.
- MARGULES, C. & USHER, M.B. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. *Biol. Conserv.* 21: 79-109.
- MESCHINI, E. 1980. Avifauna nidificante in un ambiente a macchia mediterranea. *Avocetta* 4: 63-73.
- MORTON, R.K. 1965. An Index-Number System for rating water quality. *J. Water Poll. Control Fed.* 37: 300-306.
- O'CONNOR, M.F. 1972. The application of multi-attribute scaling procedures to the development of indices of water quality. Ph. D. Dissertation, University of Michigan, University Microfilms N. 72-29, 161.
- ODUM, E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*.
- OTT, W.R. 1978. *Environmental indices. Theory and Practice* Ann Arbor. Michigan. Ann Arbor Science Publ. Inc.
- PANTLE, R. & BUCK, M. 1953. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas and Wasserfach* 96, 601.
- ROLANDO, A. 1982. Ecological isolation in the genus *Parus* in natural and modified habitats of Northern Italy. *Boll. Zool.* 49: 155-164.
- SCOSSIROLI, R.E., CLEMENTEL, S. & SCOSSIROLI S. 1974. *Metodi statistici per l'ecologia*. Zanichelli, Bologna.
- WALSKI, T.M. & PARKER, F.L. 1974. Consumers water quality index. *J. Environ. Eng. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* pp. 593-611.

Ricevuto maggio 1983